SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Annus LXXII - 1978 Vol. 113 - I

International Review of Scientific Synthesis

Direzione Scientifica - Scientific Editorial Board

PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

UNIVERSITA' DI BOLOGNA
BIBLIOTECA MATEMATICA
Inventario N. 22325

INDEX 1978

Editor N. BONETTI

Index 1978

Annus LXXII
Vol. 113

AHUNDOV, M. V.

Lo spazio e il tempo nella struttura della teoria fisica 365 V-VIII
Space and Time in the Structure of Physical Theory 379

AVVEDUTO, S.

Istruzione e scienza in Cina nel clima della restaurazione 935 IX-XII
Education and Science in the Framework of the Restoration Policy in China 951

BELLONI, L.

A Note on Fermi's Route to the Fermi-Dirac Statistics 421 V-VIII
Una nota su come Fermi giunse alla statistica di Fermi-Dirac 431

BERNARDINI, C.

Storia di AdA 27 I-IV
The Story of AdA 39

BONANATE, L.

L'eurocomunismo, ovvero: "Il gioco delle parti" 133 I-IV
Parte I: L'eurocomunismo è rivoluzionario? - La via nazionale al socialismo - L'imperialismo nelle relazioni internazionali - Il problema della coesistenza pacifica
Eurocommunism, or: "The Rules of the Game" 153
Part I: Is Eurocommunism Revolutionary? - The National Road to Socialism - Imperialism in International Relations - The Problem of Peaceful Coexistence

BONANATE, L.

L'eurocomunismo, ovvero: "Il gioco delle parti" 561 V-VIII
Parte II: Dalla coesistenza pacifica alla dissoluzione dei blocchi - Il trionfo dell'eurocomunismo - L'eurocomunismo nella struttura attuale del sistema internazionale - Conclusione
Eurocommunism, or: "The Rules of the Game" 577
Part II: From Peaceful Coexistence to the Dissolution of the Blocks - The Triumph of Eurocommunism - Eurocommunism within the Present Structure of the International System - Conclusion

BRUSH, S. G.

Planetary Science: From Underground to Underdog 771 IX-XII
Scienza planetaria: dal "confinato" all'"emarginato" 789

D'AGOSTINO, S.

Esperimento e teoria nell'opera di Maxwell 453 V-VIII
Le misure per le unità assolute elettromagnetiche e la velocità della luce
Experiment and Theory in Maxwell's Work 469
The measurements for absolute electromagnetic units and the velocity of light

DE FINETTI, B.

Einstein: genialità e intuizione 115 I-IV
Einstein: Originality and Intuition 123

EGAMI, F.

Pourquoi étudie-t-on l'origine de la vie? 805 IX-XII
Perché si studia l'origine della vita? 811
Why Do We Study the Origin of Life? 817

FOULKES, D.
Dreaming as Language and Cognition 481 V-VIII
Il sogno come linguaggio e come attività cognitiva 501

GARGANI, A.
Scienza e senso comune 391 V-VIII
Science and Common Sense 407

JAKI, S. L.
Lambert and the Watershed of Cosmology 75 I-IV
Lambert e lo spartiacque della cosmologia 97

LOLLI, G.
Scienza e senso comune 729 IX-XII
Science and Common Sense 735

MAGYAR, G.
Science and Nationalism 867 IX-XII
Scienza e nazionalismo 885

OPARIN, A. I.
Modern Concepts of the Origin of Life on the Earth 7 I-IV
Concetti moderni sull'origine della vita sulla terra 17

PANEBIANCO, M.
Democrazia italiana e democrazia europea 899 IX-XII
Italian Democracy and Community Democracy 919

RENSCH, B.
Panpsychistic Identism and its Meaning for a Universal Evolutionary Picture 129 I-IV
Postscript to the above article

ŠAČKOV, JU. V.
Sulla struttura delle teorie statistiche in fisica 739 IX-XII
On the Structure of Statistical Theories in Physics 757

TORALDO DI FRANCIA, G.
Che cos'è un oggetto fisico? 45 I-IV
What is a Physical Object? 57

VÁCHA, J.
Biology and the Problem of Normality 823 IX-XII
La biologia e il problema della normalità 847

VOGEL, G. W.
An Empirical Examination of Freud's Dream Theory 519 V-VIII
Un'analisi empirica della teoria freudiana dei sogni 541

Libri scelti - Selected Books

BELLONE, E.
Thomas Kuhn e il libro della natura* 675 V-VIII
*Thomas Kuhn and the Book of Nature** 683
*KUHN, T.S. - THE ESSENTIAL TENSION

BICCHIERI, C.

Ristrutturazione delle scienze sociali?* 1063 IX-XII
*Restructuration of the Social Sciences?** 1071

(*BERNSTEIN, R.J. - THE RESTRUCTURING OF SOCIAL AND POLITICAL THEORY)

PETRUCCIOLI, S.

Niels Bohr: gli atomi e la conoscenza* 1041 IX-XII
Verso un nuovo modo di 'pensare' la realtà
*Niels Bohr: Atoms and Knowledge** 1053
Towards a new way of 'thinking' of reality

(*NIELSEN, J.R. (ed.) - NIELS BOHR COLLECTED WORKS, VOLS. 1, 3, 4)

TOSEL, A.

Le rôle de L. Geymonat dans le combat néo-rationaliste* 239 I-IV
Il ruolo di L. Geymonat nella battaglia neo-razionalista 251
*The Role of L. Geymonat in the Neo-rationalist Battle** 261

*GEYMONAT, L. - SCIENZA E REALISMO
(*QUARANTA, M. e MAJORCA, B. - L'ARMA DELLA CRITICA DI LUDOVICO GEYMONAT)

Informazioni sulla ricerca - Information on Research

Attività dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR 447 V-VIII
Work of the CNR Institute for Water Research 451

Modelli matematici per le scienze ambientali 67 I-IV
Mathematical Models for Environmental Science 71

Simulazione del trasporto e della diffusione di agenti inquinanti nell'area di Venezia 439 V-VIII
Studi e ricerche del Centro scientifico IBM di Venezia
Simulation of the Transport and Distribution of Pollutants in the Venice Area 443
Studies and research projects at the IBM Scientific Center in Venice

Cronache - Reports

***

De la matière inorganique aux formes vivantes: bases théoriques et aspects physiques, chimiques et biologiques 199 I-IV
Rencontre avec les auteurs de l'Enciclopedia Einaudi à l'Istituto Italiano di Cultura, Paris
Dalla materia inorganica alle forme viventi: basi teoriche e aspetti fisici, chimici e biologici 203
Un incontro con gli autori dell'Enciclopedia Einaudi all'Istituto Italiano di Cultura, Parigi
From Inorganic Matter to Living Forms: Theoretical Foundations and Physical, Chemical and Biological Aspects 206
A meeting with the authors of the Enciclopedia Einaudi held at the Istituto Italiano di Cultura, Paris

LOPRIENO, N.

La seconda Conferenza internazionale sulla mutagenesi ambientale 195 I-IV
The Second International Conference on Environmental Mutagens 197

MASERA, R. S.

La moneta europea nell'attuale contesto dei pagamenti internazionali 177 I-IV
The European Currency in the Present Context of International Payments 187

MONTALENTI, G.

I seminari sulla evoluzione biologica dell'Accademia dei Lincei 963 IX-XII
Seminars on Biological Evolution Held at the Accademia dei Lincei 965

TATTI, A.

La difficile prospettiva della moneta europea 169 I-IV
The Difficult Prospects for a European Currency 173

ZIEMSKI, S.

On the Need for International Prizes for Scientists 591 V-VIII
Considerazioni sulla necessità di premi internazionali per gli scienziati 597

Alessandro Volta - Annus CL

BELLONE, E.

Nota dell'Autore a "Crolli, costruzioni e dizionari" 601 V-VIII
Note by the Author to "Collapses, Constructions and Dictionaries" 602

CAPPELLETTI, V.

Scienza e ricerca 209 I-IV
Science and Research 215

CASATI, G.

Chaotic Behavior in Deterministic Systems 603 V-VIII
Comportamento caotico nei sistemi deterministici 611

CASTAGNOLI, C.

Gli 80 anni della Società Italiana di Fisica 1025 IX-XII
The 80 Years of the Italian Physical Society 1033

MIGLIO, G. F.

Scuola, professionalità e scienza 1017 IX-XII
School, Professionality and Science 1021

POZZOLI, R. and SINDONI, E.

Theoretical and Experimental Aspects of Thermonuclear Fusion by Magnetic Confinement 633 V-VIII
Aspetti teorici e sperimentali della fusione termonucleare mediante confinamento magnetico 659

REGOLIOSI, P.
Materiali per usi elettrotecnici ed elettronici 967 IX-XII
Materials for Electrotechnical and Electronic Uses 997

SZEGO, G. P.
Quantitative Techniques in Economic Analysis: A Biased View 617 V-VIII
Tecniche quantitative nell'analisi economica: una rassegna faziosa 625

VACCA, R.
Decisioni su sistemi sociali con tecniche moderne 221 I-IV
Decisions about Social Systems with Modern Techniques 231

Recensioni - Book Reviews

I - IV

ALCOCK, C. B.
Principles of Pyrometallurgy - *V. Lorenzelli* 309

BERLINGUER, G.
Malaria urbana - *G. Montalenti* 280

BIANCHI, G. and MUSSINI, T.
Elettrochimica - *P. Pedeferri* 294

BODMER, H. F. and CAVALLI-SFORZA, L. L.
Genetics, Evolution, and Man - *G. Montalenti* 288

CORNBLEET, S.
Microwave Optics - *L. Rositani Ronchi* 297

DEAN, N. W.
Introduction to the Strong Interactions - *M. Martellini* 303

GOUROU, P.
L'Amérique tropicale et australe - *E. Migliorini* 310

HAILPERIN, T.
Boole Logic and Probability - *G. Lolli* 271

HAYMAN, W. F. and KENNEDY, P. B.
Subharmonic Functions, Vol. 1 - *M. Bertero* 292

HOLMES, F. L.
Claude Bernard and Animal Chemistry - *G. Montalenti* 283

INGRAM, D. L. and MOUNT, L. E.
Man and Animals in Hot Environments - *G. Montalenti* 291

JOHNSON, R. E.
Sir John Richardson - *G. Montalenti* 287

KOECHNER, W.
Solid-State Laser Engineering - *C. Pontiggia* 299

LYON-CAEN, R.
Circuits Logiques M.S.I. et L.S.I. - *G. Soncini* 301

MEYER-ARENDT, J. R.
Introduzione all'ottica classica - *L. Rositani Ronchi* 296

MULKAHY, D. L. (ed.)
Gamete Competition in Plants and Animals - *G. Montalenti* 287

OATLEY, C.
Electric and Magnetic Fields - *G. Bobel* 307

RIEGER, R., MICHAELIS, A. and GREEN, M. M.
Glossary of Genetics and Cytogenetics: Classical and Molecular - *G. Montalenti* 286

TRUESDALL, C. A.
A First Course in Rational Continuum Mechanics - *P. Caldirola* - *A. Prosperetti* 274

TYSON, J. J.
The Belousov-Zhabotinskii Reaction - *V. Lorenzelli* 278

VAN LANCKER, J.
Molecular and Cellular Mechanisms in Disease - *G. Montalenti* 284

WATSON, J. D.
Molecular Biology of the Gene - *G. Montalenti* 290

V - VIII

BRUSH, S. G.
The Kind of Motion We Call Heat - *E. Bellone* 703

DE VOS, A.
Africa, The Devastated Continent . . .? - *G. Montalenti* 695

DUGAC, P.
Richard Dedekind et les fondaments des mathématiques - *L. Geymonat* 689

GIRARD, J.
Deima - *V. Lanternari* 697

LOUIS, P.
La découverte de la vie: Aristote - *G. Montalenti* 694

IX - XII (Supplement ***)

AMATI, P. (ed.)
I virus - *G. Montalenti* 108

AUERBACH, C.
Mutation Research - *G. Montalenti* 131

BACRY, H.
Lectures on Group Theory and Particle Theory - *E. Eberle* 39

BELLAIRS, A. D'A. and COX, C. B.
Morphology and Biology of Reptiles - *G. Montalenti* 115

BOCKHOFF, F. J.
Elements of Quantum Theory - *R. Todeschini* 41

BORTZ, J.
Lehrbuch der Statistik - *B. de Finetti* 181

BOUGIS, P. (ed.)
Océanographie biologique appliquée - *D. Calamari* 122

BUNNING, E.
Wilhelm Pfeffer - *G. Montalenti* 11

BURTON, J. D. and LISS, P. S. (eds.)
Estuarine Chemistry - *D. Calamari* 160

BUTTS, R. E. and HINTIKKA, J. (eds.)
Logic, Foundations of Mathematics, and Computability Theory - *G. Lolli* 1

CAMPBELL, G. S.
An Introduction to Environmental Biophysics - *A. Gliozzi* 96

CANELLA, M. F. and ROCCHI - CANELLA, I.
Biologie des Ophryoglenina (Ciliés Hyménostomes Histophages) - *G. Montalenti* 109

CHADAN, K. and SABATIER, P. C.
Inverse Problems in Quantum Scattering Theory - *M. Bertero* 43

CHANDRASEKHAR, S.
Liquid Crystals - *G. Böbel* 36

CHORLTON, F.
Vector & Tensor Methods - *M. Bertero* 19

CLINE, M. J.
The White Cell - *G. Montalenti* 101

COHN, P. M.
Skew Field Construction - *L. Di Martino* 25

COLEMAN, R. G.
Ophiolites - *A. De Benedetti* 162

CURIO, E.
The Ethology of Predation - *G. Montalenti* 146

DAVIES, E. B.
Quantum Theory of Open Systems - *E. Beltrametti* 29

DAVIES, P. C. W.
Space and Time in the Modern Universe - *A. L. Kovács* 59

DEMPSTER, J. P.
Animal Population Ecology - *G. Montalenti* 141

DIJKSTRA, E. W.
A Discipline of Programming - *G. De Michelis* 63

***

Earthquake Prediction and Public Policy - *P. Caloi* 178

EDWARDS, A. W. F.
Foundations of Mathematical Genetics - *G. Montalenti* 125

EIBL-EIBESFELDT, I.
I fondamenti dell'etologia - *M. Sarà* 184

ELDER, J.
The Bowels of the Earth - *A. Nazzaro* 165

ESCHER, A. and WATT, S. W. (eds.)
Geology of Greenland - *S. Zavatti* 169

EVELETH, PH. B. and TENNER, J. M.
Worldwide Variation in Human Growth - *G. Montalenti* 112

FLUCK, E. and GOLDANSKII, V. I. (eds.)
Modern Physics in Chemistry, Vol. 1 - *G. F. Majorino* 69

FRANZ, J. M. and KRIEG, A.
Biologie Schädlings-bekämpfung - *G. Montalenti* 140

FREY-WYSSLING, A.
The Plant Cell Wall - *G. Sarfatti* 106

FROMM, H. G.
Initial Rate Enzyme Kinetics - *E. P. Whitehead* 80

***

Geographers: Biobibliographical Studies, Vol. 1 - *E. Migliorini* 14

GOLDMAN, R., POLLARD, T. and ROSENBAUM, J. (eds.)
Cell Motility - *B. Baccetti* 102

GOODMAN, M. and TASHIAN, R. E. (eds.)
Molecular Anthropology - *L. Terrenato* 137

HAILS, J. R. (ed.)
Applied Geomorphology - *L. Trevisan* 174

HOLLOWAY, J. D.
The Lepidoptera of Norfolk Island, their Biogeography and Ecology - *M. Solinas* 144

HOOK, E. B. and PORTER, I. H. (eds.)
Population Cytogenetics - *L. Terrenato* 129

IBACH, H. (eds.)
Electron Spectroscopy for Surface Analysis - *A. Levi* 52

INOUÉ, S. and STEPHENS, R. E. (eds.)
Molecules and Cell Movement - *B. Baccetti* 102

JÖRESKOG, K. G., KLOVAN, J. E. and REYMENT, R. A.
Geological Factor Analysis - *G. Corrado* 154

JOHNSTON, R. (ed.)
Marine Pollution - *D. Calamari* 118

JUDSON, S., DEFFEYES, K. S. and HARGRAVES, R. B.
Physical Geology - *G. Luongo* 151

KARLIN, S. and NEVO EVIATAR (eds.)
Population Genetics and Ecology - *G. Montalenti* 134

KILBEY, B. J., LEGATOR, M., NICHOLS, W. and RAMEL, C. (eds.)
Handbook of Mutagenicity Test Procedures - *N. Loprieno* 85

LAUFFER, M. A.
Entropy-Driven Processes in Biology - *M. Ageno* 90

LEDERMANN, W.
Introduction to Group Characters - *L. Di Martino* 23

LINSTONE, H. A. and CLIVE SIMMONDS, W. H. (eds.)
Future Research: New Directions - *R. Vacca* 186

LOPES, J. L. and PATY, M. (eds.)
Quantum Mechanics, a Half Century Later - *E. Beltrametti* 6

LORENZ, K.
L'aggressività - *F. Robustelli* 189

MANNING, M. J. and TURNER, R. J.
Comparative Immunology - *G. Montalenti* 148

***

Mathematical Models in Medicine - *A. Lepschy* 99

MATHEWS, M. B.
Connective Tissue - *G. Montalenti* 77

MATKOVICH, V. I. (ed.)
Boron and Refractory Borides - *V. Lorenzelli* 73

MATZNETTER, J.
Politische Geographie - *E. Migliorini* 177

***

Mécanismes d'altération et de réparation du DNA, relations avec la mutagénèse et la cancerogénèse chimique - *N. Loprieno* 78

MEHRA, J.
The Solvay Conferences on Physics - *B. Carazza* 7

MELCHERS, F. and RAJEWSKY, K. (eds.)
The Immune System - *G. Montalenti* 149

MITCHELL-THOMÉ, R. C.
Geology of the Middle Atlantic Islands - *T. Lipparini* 167

MITRA, G.
Theory and Application of Mathematical Programming - *A. Lepschy* 21

MOCEK, R.
Wilhelm Roux - Hans Driesch: zur Geschichte der Entwicklungsphysiologie der Tiere - *G. Montalenti* 9

MORGAN, C. I. and KING, P. E.
British Tardigrades - *G. Montalenti* 114

MOUNOLOU, J.-C. and VIGIER, PH.
Précis de génétique physiologique - *G. Montalenti* 136

MÜLLER, A. H.
Lehrbuch der Paläozoologie - *G. Montalenti* 139

NICOLAU, C. and PARAF, A. (eds.)
Structural and Kinetic Approach to Plasma Membrane Functions - *A. Gliozzi* 97

OLIVERIO, A.
Maturità e vecchiaia - *R. Canestrari* 181

PAICE, C. D.
Information Retrieval and the Computer - *G. De Michelis* 67

PAPAVERO, N.
The World Oestridae (Diptera), Mammals and Continent Drift - *M. Solinas* 142

PILLER, H.
Microscope Photometry - *L. Rositani Ronchi* 54

QUEISSER, H. J. (ed.)
X-Ray Optics - *A. Della Giusta* 56

QUINE, W. V.
Ontological Relativity and other Essays - *G. Lolli* 4

REKTORYS, K.
Variational Methods in Mathematics, Science and Engineering - *G. Viano* 17

SALEH, B.
Photoelectron Statistics - *C. Pontiggia* 46

SALZANO, F. M. (ed.)
The Role of Natural Selection in Human Evolution - *L. Terrenato* 127

SAXENA, S. K. and BHATTACHARJI, S. (eds.)
Energetics of Geological Processes - *L. Trevisan* 176

SCOTT, J. S. and JONES, W. R. (eds.)
Immunology of Human Reproduction - *G. Montalenti* 147

SHAPIRO, S. L. (ed.)
Ultrashort Light Pulses - *C. Pontiggia* 48

SOKOLOV, A. A.
Aktualnye Problemy Theoreticheskoi Fiziki - *E. Recami* 31

STEWART, W. D. P. (ed.)
Nitrogen Fixation by Free-living Micro-organisms - *G. Montalenti* 112

***
The Biology of the Nocardiae - *G. Montalenti* 110

THOMPSON, E. A.
Human Evolutionary Trees - *G. Montalenti* 126

TURNER, R. B. (ed.)
Analytical Biochemistry of Insects - *M. Solinas* 88

VINNIKOV, YA. A.
Sensory Reception - *G. Montalenti* 75

VON FIEANDT, K. and MOUSTGAARD, I. K.
The Perceptual World - *R. Canestrari* 183

WALLACE, W. A.
Causality and Scientific Explanation, Vols. 1 and 2 - *G. Montalenti* 12

WEINBERG, S.
Les trois premières minutes de l'univers - *L. Trevisan* 61

WOOD, B. J. and FRASER, D. G.
Elementary Thermodynamics for Geologists - *L. Civetta* 159

YOUNG, M.
Optics and Lasers - *C. Pontiggia* 50

ZETTLER, F. and WEILER, R. (eds.)
Neural Principles in Vision - *L. Rositani Ronchi* 116

ZWEERS, G. A., GERRITSEN, A. F. CH., and VAN KRANENBURG VOOGD, P. J.
Mechanics of Feeding of the Mallard - *G. Montalenti* 116

ZUSSMAN, J. (ed.)
Physical Methods in Determinative Mineralogy - *A. Della Giusta* 157

Libri ricevuti - Books Received

I - IV 313-357
V - VIII 707-721

[redacted]

[redacted]

[redacted]

SCIENTIA - Via Guastalla 9 - 20122 Milano - Tel. 780.669

SCIENTIA

Fondata nel 1907

Editor NORA BONETTI

SCIENTIA

Annus LXXII
Volume N. 113
I - II - III - IV - 1978

Direzione Scientifica
Scientific Editorial Board
PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

Rivista SCIENTIA Editrice
Sede Legale, 20122 Milano
Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del
Tribunale di Milano col N. 338
Nora Bonetti - Direttore Responsabile
Printed in Italy
Arti Grafiche SO.PO.AL.

Modern Concepts of the Origin of Life on the Earth

ALEKSANDR I. OPARIN

The problem of the origin of life is one of the fundamental world outlooking problems that attracts the human intellect since time immemorial. Now this problem also generates the irresistible interest among millions of laymen all over the world.
However at the beginning of our century this problem was in profound crisis. One of the main obstacles to the solution was the categorial conviction based on common experience that organic compounds in nature could appear only as a result of its biosynthesis, i.e. biogenically. In science this thesis was then overcome.
At the end of the 1920's I had the courage to come out with an opinion generally held to be contradictory to the accepted one. I asserted that life on the Earth emerged as the result of the evolutionary development of the carbonaceous compounds and phase-separated systems formed on the base of these compounds. I also traced in general terms the possible pathways of this development.
Fifty years have elapsed since that time and the numerous investigations carried out by specialists in the different fields of science in many countries have revealed a number of facts, in astronomy, geology, physics, chemistry and biology, that confirm this thesis. The present paper gives a summary of these investigations.

pagina 7

Storia di AdA

CARLO BERNARDINI

In questo articolo si ripercorrono alcuni dei passi della storia di AdA, il primo anello di accumulazione per elettroni e positroni ($e\bar{e}$) funzionante. La storia riguarda: la progettazione e realizzazione presso i laboratori nazionali di Fascati, la sperimentazione ad Orsay, le difficoltà, i risultati, il clima in cui si svolgeva l'attività. Non vi è alcuna pretesa di raccordare organicamente questi avvenimenti al successivo sviluppo del settore che, con la costruzione dell'anello Adone, ha avuto tanta importanza nella fisica italiana. E tuttavia la storia raccoglie gli elementi essenziali che descrivono il cammino di una realizzazione scientifica che è forse l'ultimo successo 'artigianale' nella fisica delle alte energie.

pagina 27

× Che cos'è un oggetto fisico?

GIULIANO TORALDO DI FRANCIA

Si esamina la nozione primitiva di 'cosa' e la sua trasformazione in 'oggetto'. In particolare ci si domanda che cosa sia un 'oggetto fisico'. Si sviluppa, ma allo stesso tempo si critica, una proposta avanzata da B. Russell. Si conclude che, essendo la nozione di 'oggetto fisico' essenzialmente nozione di senso comune, essa va esaminata nella sua trasformazione storica. Si insiste sui problemi che vengono posti dalla fisica contemporanea, in particolare sull'impossibilità di definire estensionalmente l'insieme degli oggetti fisici.

pagina 45

Lambert and the Watershed of Cosmology

STANLEY L. JAKI

Although from Copernicus to Newton and somewhat beyond it had been increasingly clear that the solar system was a puny part of the cosmos, the first cosmology, that is, an extensive and scientifically consistent discourse about the entirely of interacting things, came only with the publication in 1761 of Lambert's *Cosmologische Briefe*. This work is also a watershed in cosmology in that it shows the intriguingly modern vistas which cosmological speculation could reach prior to the construction of huge telescopes initiated by Herschel. The topic is discussed within the context of the main philosophical and scientific currents molding the thinking of Lambert, the bicentenary of whose death is celebrated this year (1977).

pagina 75

Einstein: genialità e intuizione

BRUNO de FINETTI

In occasione del prossimo centenario della nascita di Einstein (1879-1955) molti specialisti contribuiranno con importanti lavori originali ad opere collettive in onore del grande scienziato.

La molteplice attività di ricerca di Einstein, e in particolare l'originalità di molte sue idee e intuizioni feconde, ha però avuto echi e riflessi e profonde influenze sul pensiero scientifico e sulla visione del mondo anche per i 'profani' o quasi.
Uno di essi ha voluto esprimere l'ammirazione per le idee di Einstein e sottolineare le idee che più lo hanno colpito e che hanno influenzato lo sviluppo delle sue idee e forme di pensare su argomenti aventi più o meno qualche attinenza con le problematiche sollevate dalla concezione relativistica.

pagina 115

Panpsychistic Identism and its Meaning for a Universal Evolutionary Picture

Postscript to the above article

BERNHARD RENSCH

pagina 129

L'eurocomunismo, ovvero: "Il gioco delle parti"

Parte I: L'eurocomunismo è rivoluzionario? - La via nazionale al socialismo - L'imperialismo nelle relazioni internazionali - Il problema della coesistenza pacifica

LUIGI BONANATE

Lo sviluppo di una nuova proposta per la conquista del potere politico nel mondo capitalistico, elaborata in particolare dai tre partiti comunisti dell'Europa meridionale, sembra innovare la tradizione teorica marxista-leninista sulla problematica della transizione al socialismo. L'importanza di questa proposta consiste fondamentalmente nella sua capacità, se avrà successo, di evitare la crisi rivoluzionaria violenta, sostituendovi un processo di conquista paci-

fica del potere, capace inoltre di escludere che tali mutamenti di regime all'interno di uno o più stati possano ripercuotersi, negativamente, sulla stabilità del sistema internazionale.
La prima parte dell'articolo si propone di individuare le origini storiche di questa proposta, evidenziando in particolare la continuità tra la formula delle 'vie nazionali al socialismo' emerse alla fine della seconda guerra mondiale e quella eurocomunistica attuale, per valutare il significato della quale è però necessario rifarsi all'esperienza storica della conquista socialista del potere politico e all'atteggiamento dell'imperialismo, che cercherà di opporsi a tali disegni. A questo proposito, e anche di fronte all'atteggiamento che i partiti comunisti europei assumono riguardo alla problematica della coesistenza pacifica e all'acquiescenza che sembrano mostrare di fronte al pericolo termonucleare, si suggerisce l'ipotesi che, mentre in questi anni la natura dell'imperialismo non è mutata, sia invece mutato il giudizio che di esso danno i partiti dell'eurocomunismo.

pagina 133

Le rôle de L. Geymonat dans le combat néo-rationaliste

ANDRÉ TOSEL

pagina 239

INFORMAZIONI SULLA RICERCA
INFORMATION ON RESEARCH

Modelli matematici per le scienze ambientali

pagina 67

CRONACHE - REPORTS

La difficile prospettiva della moneta europea

ANTONIO TATTI

pagina 169

La moneta europea nell'attuale contesto dei pagamenti internazionali

RAINER S. MASERA

pagina 177

La seconda Conferenza internazionale sulla mutagenesi ambientale

NICOLA LOPRIENO

pagina 195

De la matière inorganique aux formes vivantes:
bases théoriques et aspects physiques, chimiques et biologiques

Rencontre avec les auteurs de l'Enciclopedia Einaudi à l'Istituto Italiano di Cultura, Paris

pagina 199

ALESSANDRO VOLTA - ANNUS CL

Scienza e ricerca
VINCENZO CAPPELLETTI
pagina 209

Decisioni su sistemi sociali con tecniche moderne
ROBERTO VACCA
pagina 221

Recensioni
Book Reviews
pagina 271

Libri ricevuti
Books Received
pagina 313

Modern Concepts of the Origin of Life on the Earth

ALEKSANDR I. OPARIN
USSR Academy of Science, Moskva

I INTRODUCTION

The problem of the origin of life, of the emergence of primary living beings, precursors of all living matter on the Earth, is a major philosophical problem. Any man, no matter what level of development he has reached, consciously or unconsciously, raises this question and answers it to the best of his ability, since without this answer no insight, however primitive it may be, into the surrounding world can be gained.

History demonstrates that the problem of the origin of life has attracted the human mind from time immemorial. There has not been a single religious or philosophical system, there has not been a single thinker who did not closely explored the problem. At present this problem continues to generate irresistible interest not only in the scientific community but also among many millions of laymen all over the world.

Until the problem has been resolved, the essence of life as such will remain beyond our comprehension. Much as we may advance towards a full understanding of substances, structures and processes which underlie the organization of present-day living bodies, we shall never be able, through this understanding alone, to provide an answer to the question: why this organization is exactly as it is, why in particular it is so 'purposeful'; in other words, why it is the organization, under which the structure of all the components that constitute an organism (molecules, organelles, organs), is perfectly well adjusted to the functions they perform, and the entire organism as an entity is so well adapted to its environment.

This problem, which can be resolved only if we obtain an adequate understanding of pathways of the emergence of life, has always been and continues to be a demarcation line separating idealistic concepts of the nature of life from its materialistic perception.

All religious doctrines view the 'purposefulness' of living matter as the will of the creator, who caused life to appear according to a definite scheme and directed its progressive development towards a unique final goal, i.e. towards the final perfection.

This point of view is shared not only by theologists but also by supporters of

other idealistic theories (holists, finalists, organicists). Different as these ideas may appear at first sight, they have a common concept that can be expressed through the equation:

INTELLECT + MATTER → LIFE

Under this formula, the cause of perfection and 'purposefulness' of life organization is determined by the drive of the intellect that creates life rather than by the properties of matter *per se*, be this intellect God, the universal mind or an envoy of a mysterious extraterrestrial civilization who brought life to our planet some time in the past.

However, mechanical materialism which domineered in natural sciences at the turn of this century and claimed to oppose idealism, failed to resolve the problem of the origin of life on a rational basis.

Through their efforts to explore a living being as a sophisticated mechanism, a machine, to study individual substances and structures that constitute the organism, and to understand processes that occur in it, mechanical materialists went a long way towards unraveling the mystery of life. However, they stopped invariably and helplessly when confronted with the problem of the origin of life. The analogy between an organism and a machine could not be of any use. A machine cannot emerge by itself in the inorganic world. A machine is a product of the efforts of its creator — the designer. Therefore, the above analogy was bound to lead even materialistically minded scientists to absolutely idealistic conclusions, to the recognition of the fact that life could not be produced other than by a creative intellect.

A fundamental fallacy of all the above concepts was that they ruled out entirely a rational approach to the solution of the problem of the origin of life and made it a question of faith rather than of knowledge.

This idealistic deadlock could be resolved by recognizing the fact that there is nothing else in the world but continuously moving and developing matter and that life is only a specific form of movement which emerges regularly at a certain stage of the evolutionary development of matter. Hence, in contrast to the above idealistic equation the following formula based on the materialistic concepts can be suggested:

MATTER → LIFE → INTELLECT

In other words, life in its nature is absolutely material. It is not generated by intellect but, on the contrary, the intellect *per se* appears as a result of the progressive development of matter.

However, recognition of this principle should be associated with a penetration into specific pathways of evolution that led to the emergence of life here on the Earth. This penetration should be based on the knowledge available to the present-day natural sciences or on the fact(s) which can be detected through further research.

The evolutionary theory by Darwin in its modern interpretation lent substance to the second half of the above formula. The theory showed convincingly how, in the course of evolution of primitive organisms, living beings of an ever increasing complexity endowed by new and im-

proved properties emerged and how an intellect — homo sapiens — developed on this basis.
Nevertheless, the Darwinian theory left unanswered the question as to how those primary living beings that were precursors of all living organisms on the Earth appeared. Without a reply to this question the entire harmonious theory of evolution lost its foundation and, consequently, produced the feeling of bitter disappointment and dissatisfaction.

One of the major obstacles on the way to the solution of the problem of the origin of life at the turn of this century was the categorical belief, which domineered in natural sciences and was based on the every-day experience, that organic substances could arise in nature only biogenically, only through their synthesis by living beings. As a matter of fact, by that time organic chemistry had already synthesized under laboratory conditions a number of complex organic substances. This, however, could not shake the above ideas, since it was stressed that a human being was a living creature who alone was capable to select the required sequence of reactions, whereas nothing of the kind could ever occur in the inorganic world. Furthermore, it was absolutely impossible to conceive a sudden emergence of even primitive organisms directly from inorganic substances (carbon dioxide, water and nitrogen); this led studies of the origin of life into a blind alley.
In the early 1920ies I, contradicting the theory widely recognized at that time, made bold to assert that the monopoly of biotic synthesis of organic compounds was characteristic of only modern epoch in the existence of our planet. Unlike this, in its early days the Earth was lifeless but it was the place where abiotic syntheses of carbon compounds and their further prebiological evolution proceeded; the evolution resulted in a gradual complication of these compounds, formation of individual phase-separated systems and their conversion (through natural selection) into probionts, and then primitive living beings.
The above theories, which consider life as a specific, new form of movement and organization of matter that emerged as a result of evolution of carbon compounds, paved the way for scientific experiments and observations which could lend substance to the first part of our formula and unravel the pathways along which life emerged from lifeless matter.
During the subsequent fifty years, due to numerous investigations carried out by many specialists in different branches of science in many countries, a great body of astronomical, geological, physical, chemical and biological facts were obtained, the facts that supported the principle of an evolutionary development of life and demonstrated the major pathways of this process.
The evolution of carbon compounds that brought about the emergence of primary living beings on the Earth can be divided into two major stages: 1) chemical and 2) prebiological. Individual components of the chemical stage can be detected not only on our planet but elsewhere in the Universe.

II CHEMICAL STEP IN THE EVOLUTION OF ORGANIC COMPOUNDS

The present-day radioastronomical data point to the occurrence of various carbon compounds in the interstellar space. Relatively long ago low molecular weight compounds, e.g. formaldehyde, cyan and its derivatives, were found there in abundance. More recently numerous low molecular weight hydrocarbons and other organic compounds, that could have been formed in the interstellar space as a result of freeradical photochemical reactions, were identified there. Today there are data available indicating that in outer space there are high molecular weight, polyatomic carbon compounds that could have been synthesized only in the adsorbed state on the surface of cosmic dust particles.

Thus, at the present time there is direct evidence in favour of possible abiogenic synthesis of organic substances that in the past must have been synthesized not only prior to the emergence of life but even prior to the formation of our planet.

A good deal of pertinent information can be and has been already obtained from the study of extraterrestrial bodies, e.g. planets, the Moon, comets and particularly meteorites. Carbon compounds found in them help us to understand, though in a limited degree, their past chemical evolution.

However, it is important to bear in mind the fact that the formation and subsequent development of the above celestial bodies differed essentially from the evolution of the Earth. As shown today, even Venus and Mars, the planets that are very similar to the Earth in their size and initial material, evolved differently. This is more so with such objects as the Moon and meteorites. However, lunar rock samples returned to the Earth by space vehicles contained virtually a small amount of organic substances. Some meteorites, the so-called carbonaceous chondrites, that fell down to Earth, were also rich in them. A direct analysis of meteorites demonstrated numerous and diverse organic compounds, including amino acids and other biologically important substances. However, no evidence of organisms or their fossils was detected in them. The evolution of carbon compounds on these celestial bodies or asteroids, from which they had originated, did not lead to the emergence of life. There life stopped at the stage of chemical transformations. This enables us to examine the above stage in its initial form which remained uncomplicated by biological processes.

In contrast, the study of chemical evolution of organic substances on the Earth is very difficult due to powerful biological processes in the biosphere. They develop much more rapidly and energetically than initial abiotic transformations of organic compounds and, therefore, at present they almost completely mask the original forms of the chemical evolution of carbon compounds. Owing to this, organic substances detected in the Earth crust are normally considered as biogenic compounds that appeared as a result of degradation of living matter.

However, it is apparent that even radically degraded biological products or even completely mineralized organic substances can be, as a result of catalytic processes on the surface of mineral particles of the Earth crust, resynthesized in a purely abiotic way to form more and more complex organic compounds (according to the Fisher-Tropsch reaction and similar synthesis of amino acids from CO, H_2O and NH_3). How should we regard these substances and the very process of their synthesis?

Obviously, their carbon atoms have been incorporated into living beings and in this respect they are biogenic. However, processes of their secondary synthesis are abiotic and, therefore, can be considered as the processes similar to those that occurred in the Earth crust in the absence of life. From this point of view they are of great interest for the study of the evolution of organic substances towards the emergence of life.

Unfortunately, investigations of the chemical evolution of organic substances in the Earth crust under natural conditions are not well advanced. They are confined to the study of decomposition of biogenic organic substances. Limited attempts are made in order to identify the conditions under which abiotic processes can be performed independently of biological processes.

However, high attention has been recently paid to the ancient Precambrian deposits whose age is estimated to be over three billion years. Paleontological and paleochemical findings prove to be very important for the solution of the problem of the origin of life.

In addition, pathways of chemical evolution of organic substances are being studied primarily on the basis of modelling experiments that reveal the thermodynamic potency of these substances and its probable realization under the conditions that could presumably occur on the surface, in the atmosphere or hydrosphere of the primitive Earth.

Thus a large amount of data have been obtained to show convincingly the possibility of abiotic synthesis of organic substances and their subsequent accumulation in different localities of the surface of the Earth.

The extensive modelling experiments form a solid basis for our confidence that any organic substance, both monomer and polymer, could have arisen abiotically on a certain 'subvital territory' of the Earth, under various complex conditions. For instance, this must have been the way for the synthesis of vitally important compounds — amino acids, nucleotides and their polymers.

Not long ago it seemed that our problem had been resolved, at least in this respect. However, today we are confronted with dramatic questions concerning the primary emergence of more subtle specific features of the intramolecular structure of biogenic organic substances, and peculiar features that did not develop in the compounds synthesized in modelling experiments, i.e. optic isomerism and isotope composition of carbon atoms.

The starting points that determined these peculiarities seem to be buried

in the poorly understood physical surroundings that existed then on the surface of the emerging Earth. However, high degree of optic asymmetry of the modern protoplasm seems very likely to have arisen at the biological stage of evolution.

At the present time researchers of the problem of the origin of life are facing another crucial question associated with the pathways of the transition from the chemical evolution to the biological forms of the organization of matter.

III PREBIOLOGICAL STEP OF EVOLUTION

Quite recently the following theory depicting the sequence of the initial formation of living systems was predominant in the scientific literature. Primarily particles of protein substances and nucleic acids emerged at the molecular level in the aqueous solution of certain localities of the Earth. The particles were intrinsically organized and purposefully adjusted by their intramolecular structure to the functions they performed in the living organism. It was the self-assembly of these particles that was alleged to lead to the formation of primitive organisms in similarity to the assembly of a machine from prefabricated units. However, in the latter case 'purposefulness' of units and their adjustment to specific functions within an assembled machine are due to the fact that they are built according to a predeveloped blue-print or a design.

While exploring the problem of the origin of life, we do not wish to stem from this plan of creation. But then we have to give a rational explanation as to how molecules of proteins and nucleic acids could have emerged in the initial aqueous solution — the molecules which had the intramolecular structure well adapted to the function they had to perform in the integral living system produced through their assembly.

The functional adjustment of parts of an organism (including biologically important molecules) could have arisen only in the course of evolution, as a result of natural selection — not of individual components but of the entire system as a whole.

On the basis of modelling experiments it can be assumed that under primitive abiotic conditions, e.g. under the conditions of primary thermal synthesis, high molecular weight polypeptides (Fox's protenoids) could have been synthesized. The compounds had a certain intramolecular structure responsible for their biological significant functions, for example, catalytic activity. Some of the protenoids were capable, for instance, to catalyze pyruvic acid decarboxylation. However, for the protenoid itself the capacity was of no significance and, consequently, could not be responsible for the natural selection of its molecules in a simple aqueous solution. 'Purposeful' adjustment of the intramolecular structure to specific functions could manifest itself only in an integral phase-separated system, if the protein-catalyzed reaction was an important component in the

progressively developing metabolism of the system which maintained its dynamic stability and rapid growth under certain environmental conditions.
I should like to clarify the above with the aid of the following analogy. According to Empedocles, a famous Greek philosopher, living beings originated as follows. At first individual organs emerged: 'arms without shoulders', 'eyes without foreheads', etc. Then they got together and gave rise to a human being.
From the modern Darwinian point of view, this concept is absurd because individual organs could have appeared and evolved only within an integral organism. It is of no sense for an eye as such 'to see' and, therefore, an eye cannot be formed by natural selection outside an organism. This can take place only in an integral living being.
Similarly, in case of an individual protein molecule its catalytic activity cannot be a basis for its natural selection. This activity acquires importance only in an integral system, when it becomes responsible for the metabolic function assuring a faster growth and dynamic stability of the system in a given environment.
Of no biological significance is natural selection of nucleic acids in an aqueous solution of their molecules, when separated from the function responsible for the directed protein synthesis they perform in a living organism. In a simple aqueous solution any changes in the intramolecular structure, even those accelerating the formation of a polynucleotide, could determine only its appreciable local accumulation, formation of organic material and not organisms in this locality.
In this light a long-standing argument as to what emerged first — protein or nucleic acids makes no sense. Primarily at the molecular level only protein- and nucleic-like polymers devoid of any biological 'purposefulness' of their intramolecular structure could have emerged. Only when these polymers were combined into multimolecular phase-separated systems, their interactions brought to a mutual adjustment of their intramolecular structure and biological functions as a result of natural selection of integral open systems but not of individual molecules.
Very often the modern scientific literature describes the tobacco mosaic virus particles as an example of life at the molecular level. However, today, especially due to the study of endogenous viruses, it becomes clear that viruses cannot be regarded as an intermediate stage in the transition from chemical to biological evolution. At first life was to appear with viruses to follow and not *vice versa*.
At all stages of evolution of organic substances and multi-molecular systems formed from them progressive synthesis had to be paralleled with a large scale degradation of systems and organisms.
The products could be either completely mineralized, burnt out, or become utilized by more advanced systems as food, or be self-assembled again to form new systems as it occurred at the start of evolution. However, at that point the self-assembly proceeded at a higher developmental level because its constituents had, in the course of evolution of their parental systems,

acquired a certain 'purposeful' structure. In this way viruses, which are unable to grow and multiply in an aqueous solution but are capable to reproduce within pre-developed organisms, could have emerged.

Thus, natural selection that later determined the entire prebiological and then biological stages of evolution did not affect certain polynucleotides capable of replication or proteins — enzymes that developed under their influence; natural selection did affect integral phase-separated systems (probionts) and later primary living beings. Therefore, there were no parts that dictated the organization of the whole but it was the whole that, in the course of its development, determined the 'purposeful' structure of its parts. Hence, the transition from the chemical to biological evolution required an emergence of individual phase-separated systems that were capable to interact with the environment, utilize ambient substances and energy and, on this basis, to grow, multiply and undergo natural selection.

In what way can we approach an objective study of this evolutionary stage? It is beyond doubt that the abiotic release of multimolecular systems from the homogeneous solution of organic substances should have repeatedly occurred in various 'subvital territories' of the Earth. It remains a frequent event in nature today. However, in the present-day biosphere we can observe only the initial formation of such systems. Their evolution is, as a rule, short-lived, due to the presence of their killers-microorganisms, and is greatly complicated by the modern environment. Therefore, in order to get an insight into this stage of the origin of life, we have to obtain phase-separated organic systems under strictly controlled conditions and to use these models in our studies of pathways of their past evolution and general laws it obeys.

When examining high molecular weight organic compounds in the laboratory, we continuously observe the formation of such phase-separated systems. Therefore, we are able to visualize pathways of their formation and at the same time to obtain experimentally various systems, many of which could have acted as models of formations that emerged long ago on the surface of the Earth. I can refer to some of the models: Goldacre's bubbles, Fox's microspheres, Egami's probionts.

Very often, when working with such artificial self-isolating systems, we focus our attention on their formal, morphological similarity with living beings. But this is not the key to the problem. The basic requirement is that the system should be able to interact with the environment, to utilize its substances and energy as open systems do, and on this basis to acquire the capacity to counteract an increase in entropy, to grow and multiply — this is characteristic of all living beings without any exception.

From this point of view coacervate drops seem to be very promising models (but, of course, not the sole ones). The drops were obtained by Bungenberg-de-Young in early 1930ies and later closely investigated by the researcher and his co-workers as well as by other scientists.

Coacervate drops emerge when various polymers, both natural and ar-

tificial, are being mixed. This mixing is accompanied by a self-assembly of polymer molecules into multimolecular phase-separated formations, seen in the optic microscope. The major portion of polymer molecules can be found in the drops and only minor quantities of them occur in the surrounding solution.

In Fig. 1 the drops are separated from their environment by a clear-cut interface; nevertheless, they are able to absorb substances and energy from the outside solution as open systems do.

An incorporation of different catalysts (enzymes, including) into the drops can induce a number of reactions, e.g. polymerization of monomers entering from the surrounding medium. Due to this, drops can grow in volume and mass and then divide into daughter formations.

This can be illustrated by some of the experiments that have been carried out in my laboratories of the Moscow State University and USSR Academy of Sciences Bakh Institute of Biochemistry (in collaboration with T.N. Evreinova, K.B. Serebrovskaya, K.L. Gladilin, A.F. Orlovsky and V.Y. Vorontsova).

The simplified scheme of one of the experiments shows processes occurring in the coacervate drop within the square and environmental substances outside it.

$$\text{glucose-I-phosphate} \rightarrow \boxed{\rightarrow \text{gluc-I-phos} \xrightarrow{a} \text{starch} \xrightarrow{b} \text{maltose} \rightarrow} \rightarrow \text{malt}$$

The coacervate drop formed from protein and gummi is immersed into the glucose-I-phosphate solution which enters the drop and undergoes polymerization under the influence of the catalyst *a* to yield starch. Due to the resultant starch the drop grows. This can be readily measured both chemically and microscopically. If another catalyst *b* (β = amylase) is incorporated into the drop, starch disintegrates to form maltose released into the environment.

Thus, this is a scheme of the simplest pattern of metabolism. A substance enters the drop, undergoes polymerization responsible for the growth of the system and, in case of its degradation, metabolites are released into the environment where they did not occur previously. It is very important that, using this model and controlling the rate of *a* and *b*, we can regulate the development of events in the drop: we can make it grow or, on the contrary, disintegrate.

Another scheme illustrates the experiment in which the polymer is a polinucleotide. The drop consisting of histone and ribonucleic acid is immersed into the ADP (adenosine diphosphate) solution.

When entering the drop, ADP undergoes polymerase-induced polymerization to form polyadenylic acid, at the expense of which the drop grows and inorganic phosphate is released into the environment.

$$\text{ADP} \rightarrow \boxed{\rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{Poly-A} + \text{Pi} \rightarrow} \rightarrow \text{Pi}$$

Fig. 2 shows the drop that increased in size more than two-fold.

The next picture (Fig. 3) presents a series of photos showing a coacervate drop composed of protamin sulphate and polyadenylic acid to undergo division into daughter drops after an addition of polyphosphate into the surrounding solution.

As was the case with the synthesis of starch, during the synthesis of polyadenylic acid energy-rich (macroergic) compounds were added to the surrounding solution as starting substances. The synthesis of polymers and growth of the coacervate drop occurred due to the energy of these compounds that entered from the environment. However, another experimental series demonstrated that coacervate drops may be the site of reactions associated with energy dissipation.

It is very important to mention that, depending on the perfection level of the intrinsic organization of drops, some of them grow rapidly, whereas others, although existing in the same environment, grow slowly or even disintegrate. This can be illustrated by the scheme of the following experiment (see Fig. 4).

Drops of two types (1 and 2) were in the same environment but the catalytic apparatus of drop 1 was better adjusted to the composition of the medium. These drops grew rapidly, whereas drops 2 lagged behind in their growth and finally began to disintegrate.

Thus, using models of coacervate drops we were able to demonstrate experimentally rudiments of natural selection, of the law which later formed the foundation of the subsequent evolution of open phase-separated systems on their route towards the emergence of life.

Further investigations of this kind should be aimed, on the one hand, at gradual complication and improvement of the above models and, on the other, at a comparative study of metabolism and structural organization of the modern, most primitive forms of life, having in view the necessity to fill up the gap which still exists between artificial models and initial living beings.

A. I. O.

BIBLIOGRAPHY

1 BERNAL, J. D., *The Origin of Life*, Weidenfeld and Nicolson, London, 1967.

2 BRODA, E., *The Evolution of the Bioenergetic Processes*, Pergamon Press, Oxford, 1975.

3 CALVIN, M., *Chemical Evolution*, Clarendon Press, Oxford, 1969.

4 FOX, S. W. and DOSE, K., *Molecular Evolution and the Origin of Life*, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1972.

5 KENYON, D. H. and STEINMAN, G., *Biochemical Predestination*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1969.

6 OPARIN, A. I., *The Origin of Life*, The Macmillan Company, New York, 1938.

7 OPARIN, A. I., *The Origin of Life on the Earth*, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1957.

8 OPARIN, A. I., *Life: its Nature, Origin and Development*, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1961.

9 OPARIN, A. I., *Genesis and Evolutionary Development of Life*, Academic Press, New York, 1968.

10 PONNAMPERUMA, C., (ed.) *Exobiology*, North-Holland Publ. Company, 1972.

11 RUTTEN, M. G., *The Origin of Life by Natural Causes*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1971.

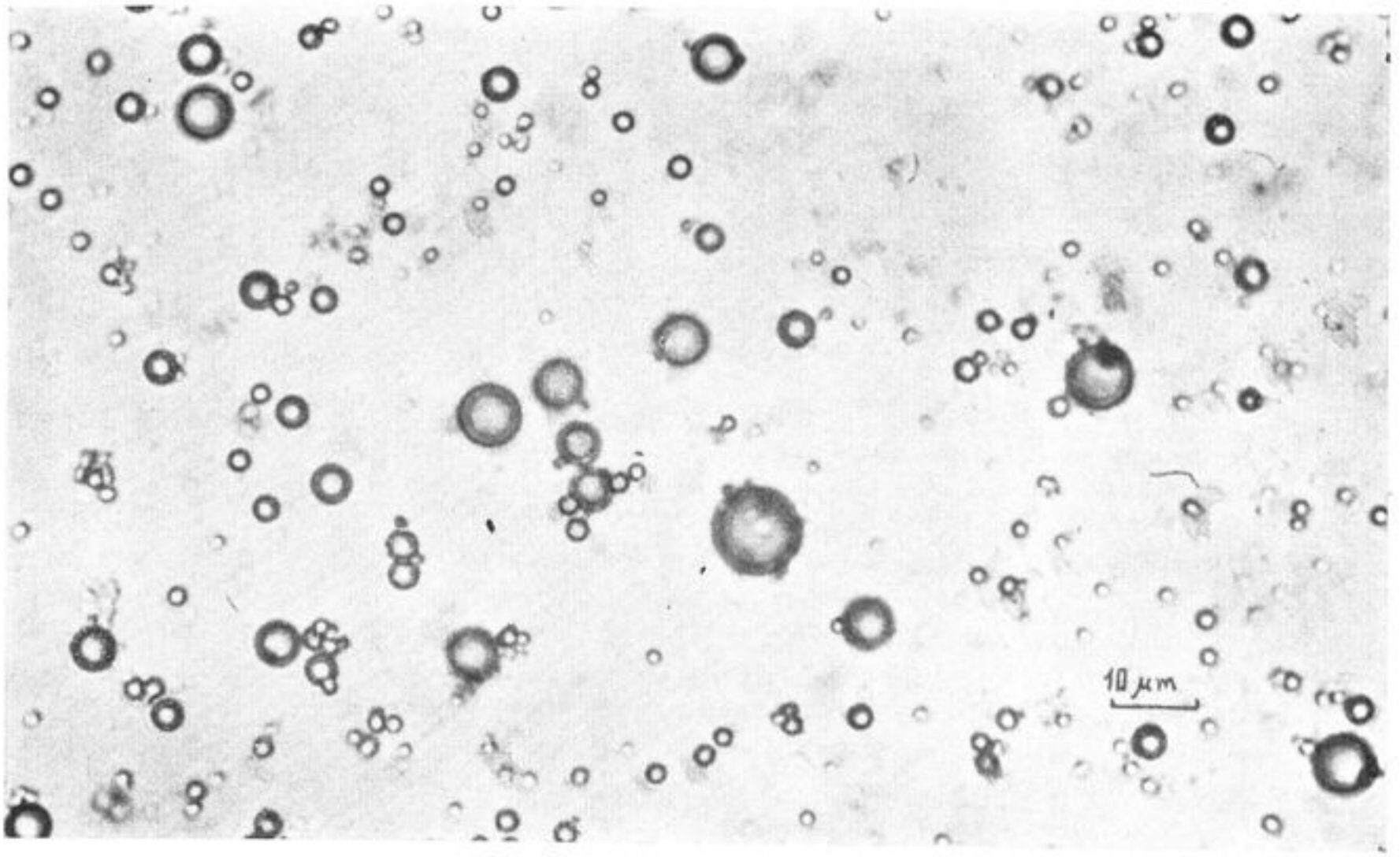


Fig. 1 - Coacervate drops, consisting of polyphosphate and protamine.

Gocce di coacervato, consistenti di polifosfati e di protamine.

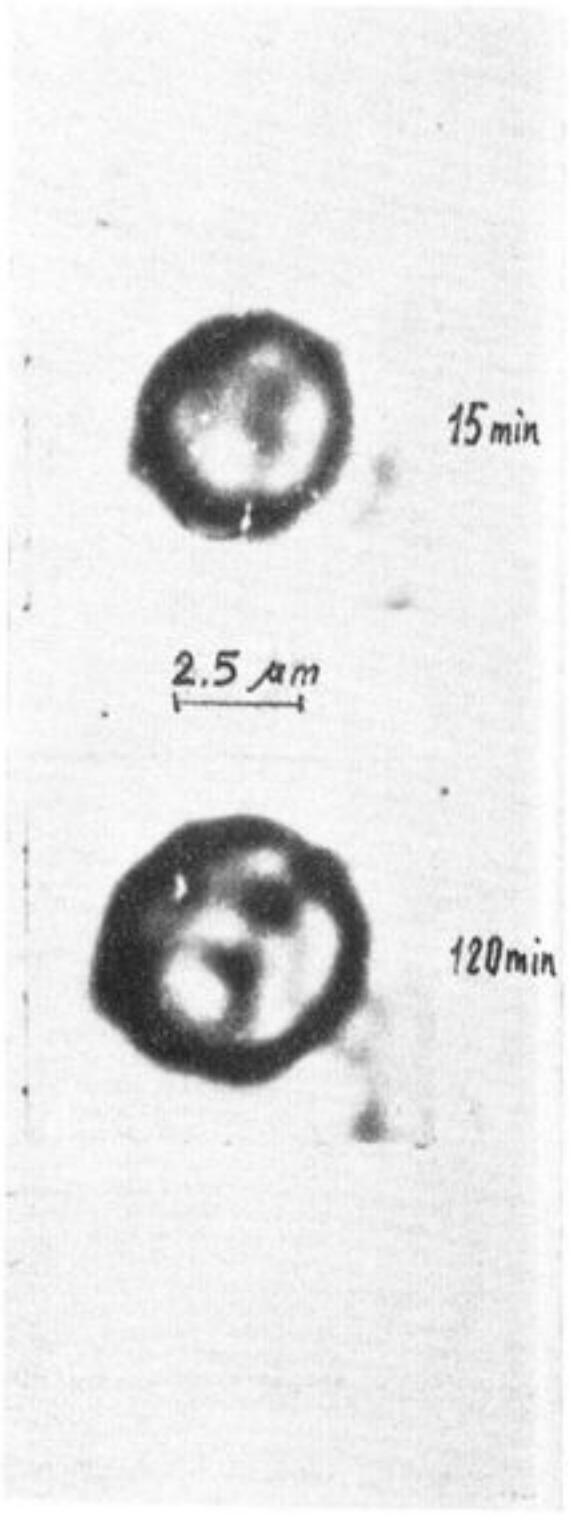


Fig. 2 - Coacervate drop increasing in size as the result of enzymatic synthesis of polyadenylic acid.

Goccia di coacervato che aumenta le sue dimensioni come conseguenza della sintesi enzimatica di acido poli-adenilico.

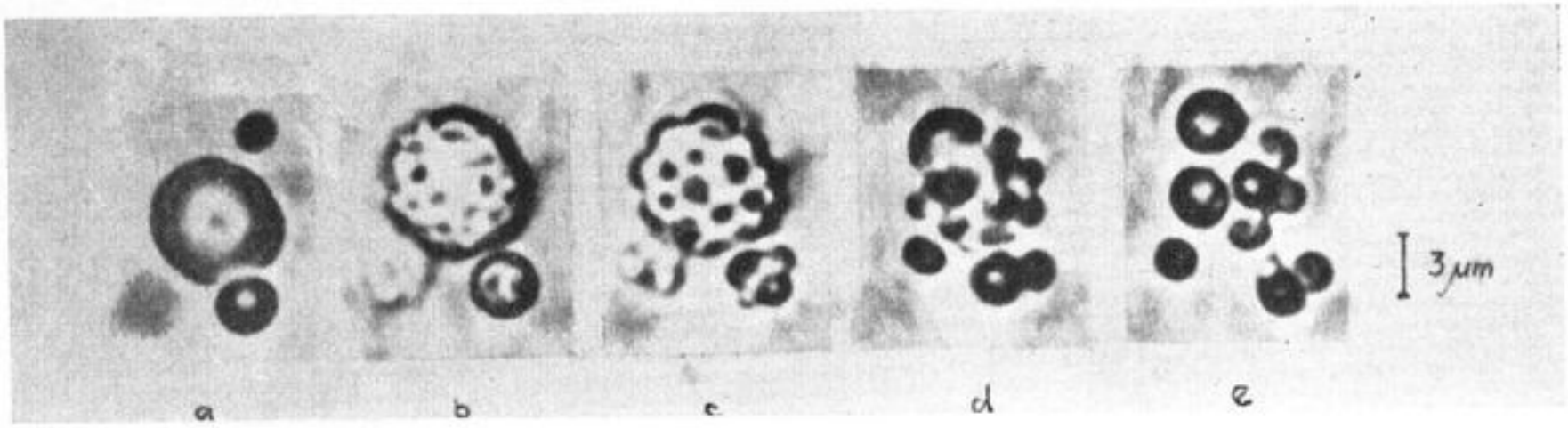


Fig. 3 - The successive stages of structural changes of coacervate drops protamine - polyadenylic acid (*b-e*) after the addition of polyphosphate to the system (a model for dividing precellular structure).

Gli stadi successivi delle variazioni strutturali delle gocce di coacervato protamina - acido poli-adenilico (b-e), *dopo l'aggiunta al sistema di polifosfato* (*un modello per la divisione pre-cellulare di una struttura*).

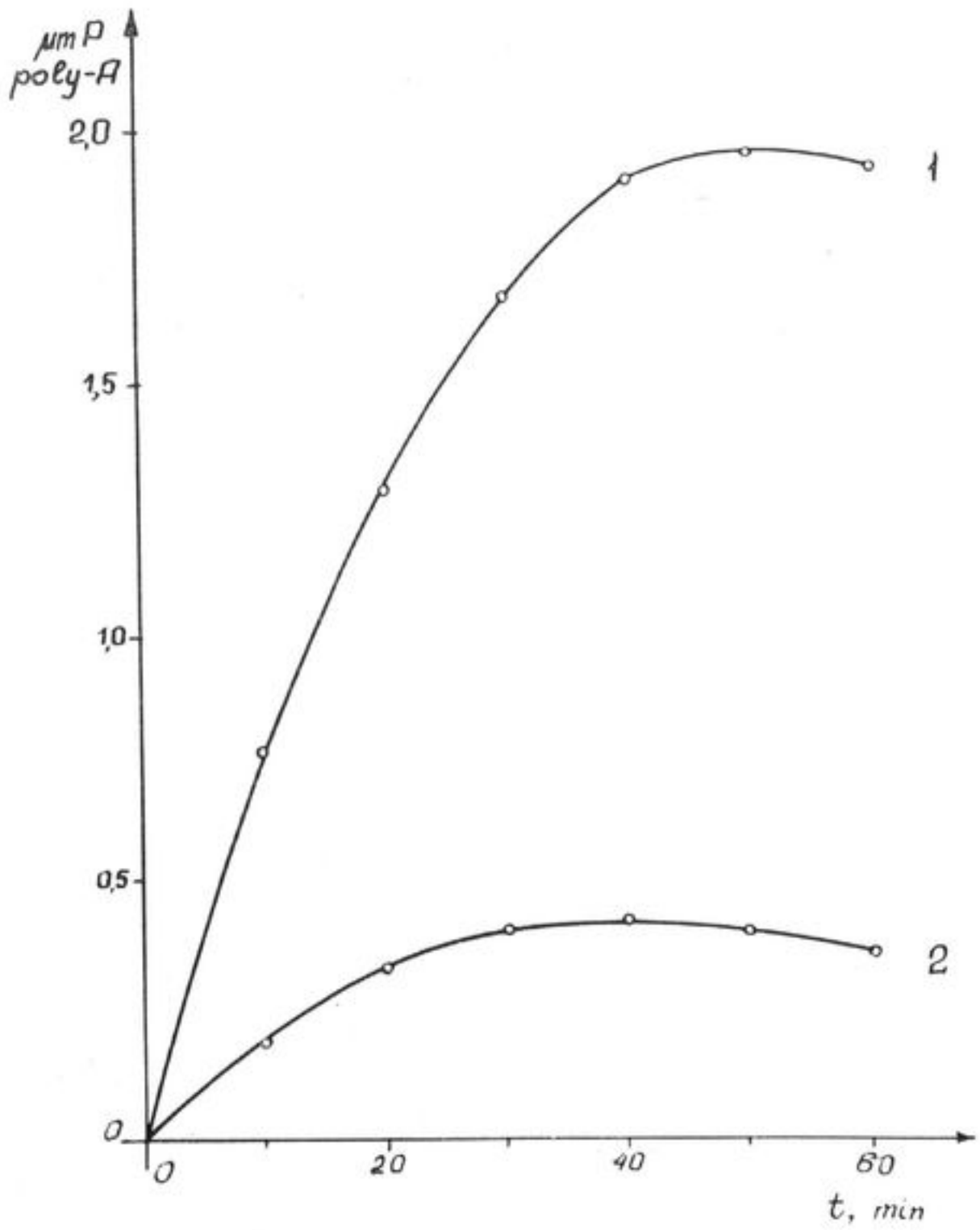


Fig. 4 - The growth of two sorts of *r* coacervate drops (after K. B. Serebrovskaya): 1. More perfect system - 2. Less perfect one.

La crescita di due tipi di gocce di coocervato (*secondo K. B. Serebrovskaya*): *1. Sistema più perfetto - 2. Sistema meno perfetto.*

Concetti moderni sull'origine della vita sulla terra

ALEKSANDR I. OPARIN
USSR Academy of Science, Moskva

Il problema dell'origine della vita, della emergenza dei primi esseri viventi, precursori di tutta la materia vivente sulla Terra, è uno dei maggiori problemi filosofici. Ogni uomo, indipendentemente dal livello di sviluppo raggiunto, in modo più o meno cosciente, si pone questa domanda e dà ad essa una risposta per quanto gli consentano le sue possibilità; e senza questa risposta, per quanto essa possa esser primitiva, non è possibile acquisire alcuna comprensione del mondo esterno.

La storia dimostra che il problema dell'origine della vita ha attirato la mente umana da tempi immemorabili. Non vi è stato alcun sistema religioso o filosofico, né alcun singolo pensatore, che non abbia esplorato da vicino questo problema. Anche oggi questo problema continua a suscitare un interesse irresistibile, non solo nella comunità scientifica, ma anche tra molti milioni di uomini qualunque, in tutto il mondo. Fino a che il problema non sia stato risolto, l'essenza della vita, come tale, rimarrà fuori dalla nostra comprensione. Per quanto si possa procedere nella conoscenza delle sostanze, delle strutture e dei processi che costituiscono la base dell'organizzazione degli esseri viventi attuali, noi non saremo mai in grado, con queste sole conoscenze, di dare una risposta alla domanda: perché questa organizzazione è proprio quella che è, perché in particolare essa è così 'finalizzata'. In altre parole: perché essa è l'organizzazione cui si adatta perfettamente bene la struttura di tutte le componenti costituenti un organismo (molecole, organelli, organi), allo scopo di garantire le funzioni che esse assolvono, e per cui l'intero organismo, come entità, è così bene adattato al suo ambiente.

Questo problema, che può esser risolto solo se si è in grado di raggiungere una comprensione adeguata delle vie dell'emergere della vita, è sempre stato e continua ad essere una linea di confine che separa i concetti idealistici sulla natura della vita, dalla sua comprensione materialista.

Ogni dottrina religiosa interpreta il 'finalismo' della materia vivente come il volere del creatore, che ha fatto sì che la vita sia apparsa secondo uno schema definito e che ha diretto il suo sviluppo progressivo verso un unico scopo finale, cioè verso la perfezione finale.

Questo punto di vista è condiviso non soltanto dai teologi, ma anche dai sostenitori di altre teorie idealistiche (olisti, finalisti, organicisti). Per quanto queste idee possano apparire diverse a prima vista, esse hanno in comune un concetto che può essere espresso mediante l'equazione:

INTELLETTO + MATERIA → VITA

In base a questa formula, la causa della perfezione e del 'finalismo' dell'organizzazione della vita è da riferirsi all'intelletto che guida e crea la vita, piuttosto che alle proprietà della materia *per se*; sia questo intelletto Dio, la Mente universale o un

inviato di una misteriosa civiltà estraterrestre che abbia portato la vita al nostro pianeta in qualche momento del passato. Peraltro il materialismo meccanicistico che dominò le scienze della natura all'inizio di questo secolo, pretendendo di opporsi all'idealismo, non fu in grado di risolvere il problema dell'origine della vita su una base razionale.

Attraverso i loro sforzi tendenti ad esplorare un essere vivente come un meccanismo sofisticato, come una macchina, a studiare le sostanze e le strutture singole che costituiscono l'organismo ed a comprendere i processi che hanno luogo in esso, i materialisti meccanicisti percorsero un notevole cammino verso l'elucidazione del mistero della vita. Peraltro essi si arrestarono invariabilmente e senza speranza quando ebbero a confrontarsi con il problema dell'origine della vita. L'analogia tra un organismo ed una macchina non potrebbe esser di alcuna utilità. Una macchina non può emergere spontaneamente dal mondo inorganico. Una macchina è un prodotto degli sforzi del suo creatore — il progettista. L'analogia di cui sopra, dunque, era destinata a condurre gli scienziati, anche se di orientamento materialista, verso conclusioni assolutamente idealistiche, verso il riconoscimento del fatto che la vita non potrebbe esser prodotta se non da un intelletto creativo.

La fallacia fondamentale di tutti i concetti di cui sopra era che essi mettevano completamente da parte un approccio razionale alla soluzione del problema dell'origine della vita, riducendolo ad una questione di fede, piuttosto che di conoscenza.

Questa situazione, senza uscita in una prospettiva idealistica, potrebbe esser risolta prendendo atto del fatto che nel mondo non vi è nient'altro all'infuori della materia che continuamente si muove e si sviluppa e che la vita è soltanto una forma specifica di movimento che emerge regolarmente ad un certo stadio dello sviluppo evolutivo della materia.

Di conseguenza, contro l'equazione idealistica di cui sopra, si può suggerire la seguente formula, basata sui concetti materialistici:

MATERIA → VITA → INTELLETTO

In altre parole, la vita nella sua natura è assolutamente materiale. Non è generata dall'intelletto ma, al contrario, l'intelletto come tale appare come un risultato dello sviluppo progressivo della materia.

Tuttavia il riconoscimento di questo principio dovrebbe esser connesso con un'acquisizione delle vie specifiche dell'evoluzione, che condussero alla comparsa della vita su questa Terra. Questa acquisizione dovrebbe esser basata sulla conoscenza disponibile a tutt'oggi alle scienze naturali o sui fatti che potranno essere indagati in ulteriori ricerche.

La teoria evolutiva di Darwin, nella sua moderna interpretazione, conduce la sostanza alla seconda tappa della formulazione di cui sopra. La teoria ha convincentemente mostrato come, nel corso dell'evoluzione degli organismi primitivi, siano emersi esseri viventi di complessità sempre crescente, di cui ora sono dotati, e di proprietà in miglioramento e come, su queste basi, si sia sviluppato un intelletto: l'*homo sapiens*. Ciò nonostante la teoria darwiniana lasciò senza risposta il problema di come siano apparsi sulla Terra quegli esseri viventi primitivi che furono i precursori di tutti gli organismi viventi. Senza una risposta a questa domanda l'intera teoria armoniosa dell'evoluzione perde il suo fondamento e, di conseguenza, produce un sentimento amaro di disappunto e di insoddisfazione.

Uno degli ostacoli maggiori lungo la strada della soluzione del problema dell'origine della vita, all'inizio di questo secolo, fu la categorica convinzione, che dominò nelle scienze naturali e che era basata sull'esperienza di ogni giorno, che le sostanze organiche in natura potessero originarsi solo biogenicamente, soltanto mediante una loro sintesi da parte di esseri viventi. Come dato di fatto, a quel tempo, la chimica organica aveva già sintetizzato in condizioni di laboratorio un certo numero di sostanze organiche complesse. Questo non poté però scuotere le idee di cui sopra, poiché fu sottolineato il fatto che un essere umano era

l'unica creatura vivente capace di scegliere la sequenza di reazioni richiesta, mentre nel mondo inorganico non potrebbe mai aver luogo nulla del genere.
Era inoltre assolutamente impossibile concepire un'emergenza improvvisa di organismi, anche primitivi, direttamente da sostanze inorganiche (anidride carbonica, acqua e azoto); e questo condusse gli studi dell'origine della vita in un vicolo cieco. All'inizio degli anni '20 io, contraddicendo la teoria a quel tempo largamente accettata, ebbi il coraggio di affermare che il monopolio della sintesi biotica dei composti organici era caratteristica soltanto delle epoche moderne nell'esistenza del nostro pianeta. Nonostante ciò, nei suoi primi giorni, la Terra era senza vita, ma era la sede in cui procedevano sintesi abiotiche di composti del carbonio e la loro ulteriore evoluzione prebiologica. Tale evoluzione ebbe come risultato una graduale complicazione di questi composti, la formazione di sistemi individuali con separazioni di fasi e la loro conversione (attraverso la selezione naturale) in probionti e successivamente in esseri viventi primitivi.
Le suddette teorie, che considerano la vita come una forma nuova e specifica di movimento e di organizzazione della materia, emersa come risultato dell'evoluzione dei composti di carbonio, hanno preparato la strada agli esperimenti e alle osservazioni scientifiche che poterono condurre alla prima parte della nostra formula ed a svelare le vie lungo le quali la vita è emersa dalla materia senza vita.
Durante i cinquant'anni successivi, a seguito di numerose ricerche condotte da molti specialisti di molti paesi in diversi rami della scienza, è stata ottenuta una grande quantità di fatti astronomici, geologici, fisici, chimici e biologici. Tali fatti hanno sostenuto il principio di uno sviluppo evolutivo della vita ed hanno mostrato il cammino principale di questo processo.
L'evoluzione dei composti del carbonio che permise l'emergere sulla Terra degli esseri viventi primitivi può esser divisa in due stadi principali: 1) chimico e 2) prebiologico. Singoli componenti dello stadio chimico possono essere indagati non soltanto sul nostro pianeta, ma dovunque nell'Universo.

IL PASSO CHIMICO NELL'EVOLUZIONE DEI COMPOSTI ORGANICI - II

I dati radioastronomici attuali indicano l'esistenza di vari composti del carbonio nello spazio interstellare. Qualche tempo fa vi furono trovati in abbondanza composti a basso peso molecolare, come ad esempio formaldeide, gruppi cianidrici e derivati. Più recentemente vi sono stati identificati numerosi idrocarburi a basso peso molecolare ed altri composti organici, che potrebbero essersi formati nello spazio interstellare come risultato di reazioni fotochimiche tra radicali liberi. Oggi sono disponibili dati che indicano che nello spazio esterno vi sono composti del carbonio poli-atomici ad alto peso molecolare che potrebbero esser stati sintetizzati soltanto in uno stato adsorbito sulla superficie di particelle di polvere cosmica.
Vi è dunque attualmente una evidenza diretta in favore di una possibile sintesi abiogenica di sostanze organiche che nel passato devono esser state sintetizzate non soltanto prima dell'emergere della vita, ma anche prima della formazione del nostro pianeta. Notevoli informazioni pertinenti possono essere e già sono state ottenute dallo studio dei corpi estraterrestri, cioè dei pianeti, della Luna, delle comete e particolarmente dei meteoriti. I composti di carbonio che vi sono stati trovati ci aiutano a capire, anche se fino ad un limitato livello, la loro evoluzione chimica passata.
È però importante tenere bene in mente il fatto che la formazione e lo sviluppo successivo dei corpi celesti di cui sopra sono stati essenzialmente diversi dall'evoluzione della Terra. Come oggi appare chiaro, anche Venere e Marte, pianeti che sono molto simili alla Terra per quanto riguarda la loro dimensione ed il loro materiale iniziale, si sono andati evolvendo in modo diverso.

Questo è tanto più vero per quanto riguarda oggetti come la Luna ed i meteoriti. Peraltro i campioni di rocce lunari trasportati sulla Terra dai veicoli spaziali virtualmente contenevano un piccolo quantitativo di sostanze organiche. Ma ne risultano ricchi alcuni meteoriti, i cosiddetti condriti carboniosi, che cadono sulla Terra. Una analisi diretta dei meteoriti ha mostrato la presenza di numerosi e diversi composti organici, compresi gli aminoacidi ed altre sostanze biologicamente importanti. Tuttavia in essi non fu trovata alcuna evidenza di organismi o di loro fossili. L'evoluzione dei composti del carbonio su questi corpi celesti o sugli asteroidi, dai quail essi sono stati originati, non condusse all'emergere della vita. Questa si fermò su di essi allo stadio delle trasformazioni chimiche. Questo ci mette in grado di esaminare lo stadio suddetto nella sua forma iniziale, che rimase, senza risultare complicata dai processi biologici.

Al contrario, lo studio dell'evoluzione chimica delle sostanze organiche sulla Terra è reso molto difficile dagli efficaci processi biologici che avvengono nella biosfera. Essi si sviluppano molto più rapidamente ed energeticamente di quanto non facessero le trasformazioni abiotiche iniziali dei composti organici, per cui oggi essi mascherano quasi completamente le forme originali dell'evoluzione chimica dei composti del carbonio. Grazie a questo, le sostanze organiche identificate nella crosta terrestre vengono considerate normalmente come composti biogenici, apparsi come risultato della degradazione della materia vivente.

Peraltro appare evidente che prodotti biologici anche radicalmente degradati o sostanze organiche anche completamente mineralizzate, a seguito di processi catalitici sulla superficie di particelle minerali della crosta terrestre, possono esser risintetizzati in modo puramente abiotico, per formare composti organici sempre più complessi (sintesi di aminoacidi da CO, H_2O e NH_3, secondo la reazione di Fisher-Tropsch e simili). Come dobbiamo considerare queste sostanze e particolarmente i processi della loro sintesi?

Ovviamente i loro atomi di carbonio sono stati incorporati da esseri viventi e da questo punto di vista essi sono biogenici. Tuttavia i processi della loro sintesi secondaria sono abiotici e pertanto essi possono esser considerati come processi simili a quelli che ebbero luogo nella crosta terrestre in assenza di vita. Da questo punto di vista essi sono di grande interesse per lo studio dell'evoluzione delle sostanze organiche verso l'insorgere della vita.

Sfortunatamente gli studi sull'evoluzione chimica delle sostanze organiche nella crosta terrestre, in condizioni naturali, non sono molto progrediti. Essi sono limitati allo studio della decomposizione delle sostanze organiche biogeniche. Tentativi limitati si sono verificati, con lo scopo di identificare le condizioni sotto cui possono aver luogo processi abiotici, indipendenti dai processi biologici.

Una notevole attenzione, peraltro, è stata dedicata recentemente agli antichi depositi del Precambriano, la cui età viene stimata superiore ai tre miliardi di anni. Scoperte paleontologiche e paleochimiche mostrano che sono molto importanti per la soluzione del problema dell'origine della vita.

Inoltre, processi dell'evoluzione chimica di sostanze organiche sono stati studiati primariamente sulla base di esperimenti su modelli che rivelano l'efficienza termodinamica di queste sostanze e la loro probabile realizzazione nelle condizioni che presumibilmente potrebbero essersi verificate sulla superficie, nell'atmosfera o nell'idrosfera della Terra primitiva.

Per quanto riguarda l'atmosfera primitiva, dunque, sono stati ottenuti ampi dati che mostrano in modo convincente la possibilità di una sintesi abiotica di sostanze organiche ed il loro conseguente accumulo in diverse località della superficie della Terra.

Questi estesi esperimenti su modelli formano una solida base per ammettere che ogni sostanza organica, sia sotto forma di monomero che di polimero, possa essersi originata abioticamente su un certo 'territorio subvitale' della Terra, sotto varie complesse condizioni. Questa, ad esempio,

deve esser stata la via per la sintesi di composti vitalmente importanti: aminoacidi, nucleotidi e loro polimeri.
Non molto tempo fa sembrò che il nostro problema fosse stato risolto, almeno sotto questo rispetto. Oggi, tuttavia, ci troviamo di fronte domande drammatiche, concernenti l'emergenza primaria di caratteristiche specifiche più sottili della struttura intramolecolare delle sostanze organiche biogeniche e di aspetti peculiari che apparvero non comparire nei composti sintetizzati negli esperimenti su modelli, come ad esempio l'isomerismo ottico e la composizione isotopica degli atomi di carbonio.
I punti di partenza che determinarono queste peculiarità sembrano esser nascosti negli ambienti fisici, poco noti, che esistevano allora sulla superficie della Terra emergente. Peraltro, un alto grado di asimmetria ottica del protoplasma moderno sembra, con ogni probabilità, essersi prodotto durante lo stadio biologico dell'evoluzione.
Nel momento presente i ricercatori interessati al problema dell'origine della vita stanno affrontando un altro problema cruciale, connesso con il percorso del passaggio dall'evoluzione chimica alle forme biologiche dell'organizzazione della materia.

IL PASSO PREBIOLOGICO DELL'EVOLUZIONE - III

Molto recentemente hanno dominato la letteratura scientifica le seguenti teorie, che descrivono la sequenza della formazione iniziale dei sistemi viventi. In primo luogo particelle di sostanze proteiche e di acidi nucleici sono emerse a livello molecolare nella soluzione acquosa di certe località della Terra. Le particelle erano intrinsecamente organizzate e tendenzialmente adattate, per la loro struttura intramolecolare e per le funzioni cui esse assolvevano nell'organismo vivente. Fu l'auto-assemblaggio di queste particelle che si pensò dovesse condurre alla formazione degli organismi primitivi, similmente all'assemblaggio di una macchina a partire dalle unità prefabbricate. In questo ultimo caso, peraltro, il 'finalismo' delle unità e la loro adeguatezza alle specifiche funzioni entro la macchina montata, si devono al fatto che esse sono costruite sulla base di un lucido o di un disegno precedentemente predisposto.
Esplorando il problema dell'origine della vita, non desideriamo opporci a questo piano di creazione. Ma dobbiamo però dare una spiegazione razionale al problema di come le molecole di proteine e di acidi nucleici possano essere emerse nella soluzione acquosa iniziale: quelle molecole che possiedono una struttura intramolecolare così bene adattata alla funzione che esse dovevano poi esplicare nel sistema vivente globale, prodotto tramite il loro assemblaggio.
L'aggiustamento funzionale delle parti di un organismo (includendo le molecole biologicamente importanti) potrebbe essersi originato soltanto nel corso dell'evoluzione, come risultato della selezione naturale — non delle componenti individuali, ma dell'intero sistema come un tutto.
Sulla base degli esperimenti su modelli si può assumere che nelle condizioni abiotiche primitive, cioè nelle condizioni della sintesi termica primaria, potrebbero esser stati sintetizzati polipeptidi ad alto peso molecolare (protenoidi di Fox). I composti avevano una certa struttura intramolecolare, responsabile delle loro funzioni biologiche significative, come ad esempio l'attività catalitica. Alcuni proteinoidi erano capaci, ad esempio, di catalizzare la decarbossilazione dell'acido piruvico. Tuttavia, per lo stesso proteinoide, questa capacità risultava priva di rilevanza e, conseguentemente, non avrebbe potuto esser responsabile della selezione naturale delle sue molecole in una soluzione acquosa semplice. Adattamenti 'finalizzati' della struttura intramolecolare a funzioni specifiche avrebbero potuto manifestarsi solo in un sistema complessivo a fasi separate, se la reazione catalizzata dalla proteina fosse stata una componente importante del metabolismo che si andava progressivamente sviluppando nel sistema, che manteneva la sua stabilità dinamica ed una crescita rapida, sotto certe condizioni ambientali.

Desidererei chiarire quanto ho detto sopra con l'aiuto della seguente analogia. Secondo il famoso filosofo greco Empedocle, gli esseri viventi si originarono nel seguente modo. Andarono emergendo, come prima cosa, gli organi singoli: 'braccia senza spalle', 'occhi senza fronte', ecc. Successivamente essi andarono associandosi e dettero origine ad un essere umano.

Dal punto di vista darwiniano moderno, questo concetto è assurdo perché gli organi singoli avrebbero potuto comparire ed evolversi solo entro un organismo globale. Non ha alcun senso, per un occhio come tale, 'vedere'; e perciò un occhio non può esser formato per selezione naturale fuori da un organismo. Ciò può aver luogo soltanto in un essere vivente completo.

Similmente, nel caso di una molecola proteica singola, la sua attività catalitica non può costituire la base per una sua selezione naturale. Questa attività acquista importanza solo in un sistema integrato, quando essa diviene responsabile per la funzione metabolica che garantisce una crescita più rapida ed una stabilità dinamica del sistema, in un dato ambiente.

Una selezione naturale di acidi nucleici, in una soluzione acquosa di tali molecole, non è di alcun significato biologico, quando sia separata dalla funzione responsabile della sintesi guidata delle proteine che essi eseguono in un organismo vivente. In una soluzione acquosa semplice, ogni variazione nella struttura intramolecolare, anche quelle che accelerano la formazione di un polinucleotide, potrebbe determinare soltanto una sua accumulazione locale apprezzabile, con formazione, quindi, in quella località, di materiale organico, ma non di organismi.

In questa luce un argomento che riecheggia spesso e che riguarda il problema di cosa sia andato emergendo per primo: una proteina o un acido nucleico, non ha alcun senso. In primo luogo potrebbero esser comparsi, a livello molecolare, soltanto polimeri simili a proteine e ad acidi nucleici, ma privi di qualsiasi 'finalità' biologica nella loro struttura intramolecolare. Soltanto quando questi polimeri fossero combinati in sistemi multimolecolari a fasi separate, le loro interazioni potrebbero aver portato ad un aggiustamento reciproco della loro struttura intramolecolare e delle loro funzioni biologiche, come risultato di una selezione naturale dell'intero sistema aperto, e non delle singole molecole.

Molto spesso la letteratura scientifica moderna descrive la particella virale del mosaico del tabacco come un esempio di vita a livello molecolare. Oggi, peraltro, specialmente a causa dello studio dei virus endogeni, appare chiaro che i virus non possono esser considerati come uno stadio intermedio della transizione dall'evoluzione chimica a quella biologica. Agli inizi doveva apparire la vita perché i virus seguissero, e non viceversa.

A tutti gli stadi dell'evoluzione delle sostanze organiche e dei sistemi multimolecolari formati da queste, la sintesi progressiva deve esser stata affiancata da una degradazione su larga scala di sistemi ed organismi. I prodotti potrebbero esser completamente mineralizzati, bruciati, o utilizzati ulteriormente da sistemi più avanzati come alimento, o potrebbero essersi auto-aggregati ancora per costituire nuovi sistemi, come era accaduto all'inizio dell'evoluzione. Tuttavia, in quel momento, l'auto-aggregazione giunse ad un livello di sviluppo più elevato, poiché i suoi costituenti avevano acquisito, durante l'evoluzione dei sistemi loro genitori, una certa struttura 'finalizzata'. In questo modo potrebbero essere emersi i virus, che sono incapaci di crescere e di moltiplicarsi in una soluzione acquosa, e sono capaci di riprodursi soltanto dentro organismi già sviluppati.

Così, la selezione naturale che determinò gli stadi complessivi dell'evoluzione prebiologica e poi biologica, non influenzò certi polinucleotidi capaci di replicazione o certe proteine-enzimi che si svilupparono sotto la loro influenza; la selezione naturale ebbe effetto sui sistemi globali a separazione di fase (probionti) e poi sui primi esseri viventi. Non furono dunque alcune parti che indirizzarono l'organizzazione del tutto, ma fu piuttosto il tutto che, nel corso del suo

sviluppo, determinò la struttura 'finalizzata' delle sue parti.

Di conseguenza la transizione dall'evoluzione chimica a quella biologica richiese l'emergere di sistemi individuali a separazione di fase, che furono capaci di interagire con l'ambiente, di utilizzare le sostanze e l'energia dell'ambiente e, su questa base, di crescere, moltiplicarsi e dar luogo alla selezione naturale.

In che modo possiamo affrontare uno studio obiettivo di questo stadio evolutivo? È fuori dubbio che la liberazione abiotica di sistemi multimolecolari da parte di una soluzione omogenea di sostanze organiche deve aver avuto luogo ripetutamente in vari 'territori subvitali' della Terra. Esso resta oggi un evento frequente in natura. Tuttavia nella biosfera attuale possiamo osservare soltanto la formazione iniziale di tali sistemi. La loro evoluzione è, come regola, di vita breve, a causa della presenza di microorganismi che sono loro uccisori, ed è grandemente complicata dall'ambiente moderno. Dunque, per ottenere conoscenze su questo stadio dell'origine della vita, dobbiamo procurarci sistemi organici a separazione di fase in condizioni strettamente controllate, e usare questi modelli nei nostri studi degli itinerari della loro evoluzione passata e delle leggi generali cui essa obbedisce.

Quando in laboratorio si esaminano composti organici ad alto peso molecolare, si osserva continuamente la formazione di tali sistemi a separazione di fase. Siamo dunque in grado di visualizzare il cammino della loro formazione ed allo stesso tempo di ottenere sperimentalmente vari sistemi, molti dei quali potrebbero esser considerati come modelli delle formazioni che emersero molto tempo fa sulla superficie della Terra. Si può far riferimento a qualcuno di questi modelli: le bolle di Goldacre, le microsfere di Fox, i probionti di Egami.

Molto spesso, quando si lavora con tali sistemi artificiali che si auto-isolano, focalizziamo la nostra attenzione sulla loro somiglianza formale, morfologica con gli esseri viventi. Ma questa non è la chiave del problema. La richiesta fondamentale è che il sistema dovrebbe essere in grado di interagire con l'ambiente, per utilizzare le sostanze e l'energia di esso, come fanno i sistemi aperti, e per acquisire su questa base la capacità di contrastare l'aumento di entropia, di crescere e di moltiplicarsi, essendo quest'ultima una caratteristica di tutti gli esseri viventi senza eccezione alcuna.

Da questo punto di vista le gocce di coacervato sembrano essere modelli molto promettenti (anche se, per la verità, non i soli). Le gocce furono ottenute da Bungenberg-de-Young già nei primi anni del 1930 e furono successivamente attivamente studiate da questo ricercatore e dai suoi collaboratori, come da altri scienziati.

Le gocce di coacervato emergono quando vari polimeri, sia naturali che artificiali, vengono mischiati. Il realizzarsi di questo miscuglio è accompagnato da un auto-assemblaggio di molecole polimeriche in formazioni multi-molecolari a fasi separate, come appaiono al microscopio ottico. La porzione maggiore di molecole polimeriche può trovarsi nelle gocce e solo quantità minori di esse possono localizzarsi nella soluzione circostante.

Nella Fig. 1 le gocce sono separate dal loro ambiente da una interfaccia molto netta; ciò nonostante esse sono in grado di assorbire sostanze ed energia dalla soluzione esterna, come fanno i sistemi aperti.

L'incorporazione di diversi catalizzatori (enzimi inclusi) nelle gocce può indurre un certo numero di reazioni, come ad esempio la polimerizzazione di monomeri che entrano dal mezzo circostante. A causa di ciò, le gocce possono crescere in volume ed in massa, per dividersi poi in formazioni figlie. Questo può essere illustrato da alcuni esperimenti che hanno avuto luogo nei miei laboratori, presso l'Università Statale di Mosca e l'Istituto di Biochimica dell'Accademia delle Scienze dell'URSS (in collaborazione con T. N. Evreinova, K. B. Serebrovskaya, K. L. Gladilin, A. F. Orlovsky e V. Y. Vorontsova).

Lo schema semplificato di uno degli esperimenti mostra i processi che hanno luogo nella goccia di coacervato entro il riquadro e

nelle sostanze dell'ambiente, al di fuori di esso.

glucosio-1-fosfato →

→ gluc-1-fosf → amido → maltosio — → maltosio

La goccia di coacervato formata da una soluzione gommosa di proteine, viene immersa in una soluzione di glucosio-1-fosfato che può entrare nella goccia e dar luogo alla polimerizzazione, sotto l'influenza del catalizzatore *a*, col risultato di produrre amido. Come conseguenza di tale amido che deriva da questo processo, la goccia cresce. E tale crescita può misurarsi prontamente sia chimicamente che microscopicamente. Se un altro catalizzatore *b* (β = amilasi) viene incorporato nella goccia, l'amido si disintegra, per formare maltosio che viene restituito all'ambiente esterno.

Dunque, questo è uno schema della più semplice forma di metabolismo. Una sostanza entra nella goccia, dà luogo ad una polimerizzazione responsabile della crescita del sistema e, nel caso della sua degradazione, vengono restituiti alcuni metaboliti all'ambiente, in cui essi prima non erano affatto presenti. È molto importante il fatto che, sulla base di questo modello, controllando la velocità di *a* e di *b*, si possa regolare lo sviluppo degli eventi nella goccia: si può far sì che essa cresca o, al contrario, che essa si disintegri.

Un altro schema illustra l'esperimento in cui il polimero è un polinucleotide. Una goccia costituita da istoni ed acido ribonucleico è immersa in una soluzione di ADP (adenosindifosfato).

Come entra nella goccia, l'ADP dà luogo ad una polimerizzazione indotta dalla polimerasi e forma l'acido poli-adenilico, a spese del quale la goccia cresce, mentre vengono restituiti all'ambiente gruppi fosforici inorganici.

$$\text{ADP} - \boxed{\rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{Poli-A} + \text{P}_i} - \rightarrow \text{P}_i$$

La fotografia della Fig. 2 mostra la goccia che cresce, aumentando più di due volte le sue dimensioni.

La figura successiva (Fig. 3) presenta una serie di fotografie che mostrano una goccia di coacervato composta da protamina solfata e da acido poli-adenilico, mentre dà luogo ad una divisione che porta a gocce figlie, dopo che gruppi poli-fosforici erano stati aggiunti alla soluzione circostante.

Così come si era verificato nel caso della sintesi dell'amido, durante la sintesi dell'acido poli-adenilico, alla soluzione circostante venivano aggiunti, come sostanze di partenza, composti ricchi di energia (macroergici). La sintesi dei polimeri e la crescita della goccia di coacervato potevano aver luogo grazie all'energia di questi composti entrati dall'ambiente. Un'altra serie di esperimenti, tuttavia, ha dimostrato che le gocce di coacervato possono esser sede di reazioni associate con la dissipazione di energia.

È molto importante segnalare che, a seconda del livello di perfezione dell'organizzazione intrinseca delle gocce, alcune di esse crescono rapidamente, mentre altre, anche se si trovano ad esistere nello stesso ambiente, crescono lentamente o, anche, possono disintegrarsi. Ciò può essere illustrato dallo schema del seguente esperimento:

Gocce dei due tipi (1 e 2) si trovano nello stesso ambiente, ma l'apparato catalitico della goccia 1 risultava meglio adattato alla composizione del mezzo. Queste gocce crescono rapidamente, mentre le gocce 2, nella loro crescita, restano indietro rispetto alle altre e, alla fine, cominciano a disintegrarsi.

Usando modelli di gocce di coacervato siamo dunque in grado di dimostrare sperimentalmente alcuni fatti rudimentali della selezione naturale, della legge che più tardi costituì la base dell'evoluzione successiva dei sistemi aperti a separazione di fase, nel loro cammino verso l'emergere della vita. Ulteriori ricerche di questo tipo dovrebbero tendere, da una parte, a complicare e migliorare gradualmente i modelli di cui sopra e, dall'altra parte, a studiare comparativamente il metabolismo e l'organizzazione strutturale delle più primitive forme di vita moderne, avendo come obiettivo quello di rispondere alla necessità di colmare il solco che ancora esiste tra modelli artificiali ed esseri viventi iniziali.

A. I. O.

Traduzione: R. Morchio - Genova

BIBLIOGRAFIA

1 BERNAL, J. D., *The Origin of Life*, Weidenfeld and Nicolson, London, 1967.

2 BRODA, E., *The Evolution of the Bioenergetic Processes*, Pergamon Press, Oxford, 1975.

3 CALVIN, M., *Chemical Evolution*, Clarendon Press, Oxford, 1969.

4 FOX, S. W. and DOSE, K., *Molecular Evolution and the Origin of Life*, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1972.

5 KENYON, D. H. and STEINMAN, H., *Biochemical Predestination*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1969.

6 OPARIN, A. I., *The Origin of Life*, The Macmillan Company, New York, 1938.

7 OPARIN, A. I., *The Origin of Life on the Earth*, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1957.

8 OPARIN, A. I., *Life: its Nature, Origin and Development*, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1961.

9 OPARIN, A. I., *Genesis and Evolutionary Development of Life*, Academic Press, New York, 1968.

10 PONNAMPERUMA, C. (ed.), *Exobiology*, North-Holland Publ. Company, 1972.

11 RUTTEN, M. G., *The Origin of Life by Natural Causes*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1971.

Storia di AdA

CARLO BERNARDINI
Università di Roma

I Alla fine del 1959, con un seminario di Bruno Touschek ai Laboratori di Frascati (tenuto in un giorno che non riesco a ricostruire con precisione) incominciò la storia di AdA e, con essa, quella degli *A*nelli *d*i *A*ccumulazione per elettroni e positroni. Touschek aveva in mente due idee semplici e chiare:
1) il sistema $e\bar{e}$ ha i numeri quantici di un bosone ed è quindi, ad energie convenientemente elevate, una sorgente elettromagnetica di particelle pregiate per lo studio delle interazioni forti oltre che dell'elettrodinamica.
2) elettroni e positroni di uguale energia hanno la virtù di seguire le stesse traiettorie (con velocità invertita) in campo magnetico: dunque si incontreranno senza particolari artifici in un unico anello magnetico e, nelle collisioni, tutta l'energia sarà disponibile essendo il centro di massa fermo.
Per la realizzazione di un dispositivo che concretamente permettesse la sperimentazione mediante collisioni $e\bar{e}$ ad alta energia queste idee possono sembrare un po' poco; ma già la prima analisi dei problemi portava alla conclusione che non vi era alcuna obiezione 'di principio' alla fattibilità. Vi erano, sì, alcuni problemi tecnici tutt'altro che banali, due dei quali particolarmente preoccupanti, a quell'epoca; e precisamente:
1) bisognava costruire una sorgente di positroni iniettabili in un anello magnetico e che permettesse correnti circolanti confrontabili con quelle dei fasci di elettroni.
2) bisognava realizzare condizioni tali che i fasci vivessero a lungo nell'anello in modo da incontrarsi un numero molto grande di volte, per compensare la bassa densità; bisognava quindi realizzare prima di tutto pressioni inferiori a 10^{-9} torr perché la vita media per scattering nel gas fosse lunga un numero sufficiente di ore.
Il giorno stesso del seminario di Touschek, Gianfranco Corazza, Giorgio Ghigo ed io aderimmo alla proposta e ci mettemmo a lavorare per il progetto insieme con lo stesso Touschek[1] (del quale era necessario talvolta controllare la fantasia, per non imboccare troppe strade 'promettenti').

L'idea delle collisioni fascio-fascio non era certo nuova: Kerst ed altri nel 1956[2] si erano avventurati in questa direzione ma seguendo un piano di cui ancora oggi devo criticare l'artificiosa complessità e, soprattutto, considerando il problema (a mio avviso meno interessante) di collisioni tra

fasci convenzionali (come protone-protone o elettrone-elettrone) in macchine formate da doppi anelli, tangenti od incrociati.
Sembra che degli anelli per $e\bar{e}$ fosse consapevole contemporaneamente a noi A. M. Budker (di recente scomparso) a Novosibirsk[3], come egli stesso ebbe ad affermare, in seguito, in varie occasioni e come la rapida costruzione della macchina VEPP 2 conferma. Gli altri tentativi, dello stesso Budker[4] e del gruppo di Stanford-Princeton[5] (G. O'Neill, W. Barber, B. Richter, W. Panofsky), riguardavano doppi anelli tangenti per collisioni elettrone-elettrone: questi tentativi, ora conclusi e senza grandi prospettive scientifiche (salvo la questione — compresa in verità molto dopo[6] — delle collisioni $\gamma\gamma$, che però può essere affrontata anche con anelli $e\bar{e}$) avevano un forte contenuto di tecnologie nuove nel campo degli acceleratori ma, anche, più problemi di quanti non ne presentasse in effetti una macchina per $e\bar{e}$.
Fummo dunque fortunati per il fatto che il 'naso' (se mi è consentita la espressione colorita) di Touschek indicasse ad un tempo la via scientificamente (e coscientemente) più utile e tecnicamente (e incoscientemente) più facile. Dirò subito che, per il problema dell'iniezione di positroni, alla fine fummo costretti ad emigrare (nell'estate del 1962), approfittando della ospitalità dei colleghi francesi di Orsay che avevano un eccellente acceleratore lineare da 1 GeV, incomparabilmente più adatto del sincrotrone di Frascati utilizzato per le prime prove; non prima però di avere sperimentato, con fasci debolissimi, in Frascati e già dal febbraio 1961, il principio dell'accumulazione grazie al fatto che Corazza e la sua piccola *équipe* erano in grado di produrre vuoti ragionevoli, in volumi di molti litri (chi ricorda le tecniche da vuoto di quegli anni sa che questo problema, che interessava molto i fisici del plasma, non era affatto banale; devo quindi raccontare anche che le pressioni raggiunte erano spesso al limite dei vacuometri Alpert e che la capacità, raggiunta in Frascati, di fare recipienti puliti, è uno dei fatti umili e straordinari di una ricerca artigianale oggi scomparsa).

Giorgio Salvini, direttore dei Laboratori di Frascati nel 1960, si rese immediatamente conto della rilevanza dell'impresa così che ottenne dal CNEN (essendo Felice Ippolito segretario generale) un finanziamento straordinario di 20 ML per la costruzione del prototipo AdA. Il finanziamento riguardava essenzialmente il costo del magnete: un magnete *sui generis*, per essere un 'anello', in quanto costituito di due dischi sovrapposti in ferro pieno (ad imitazione dei betatroni), scavati lungo la periferia per alloggiarvi la bobina (con ritorni esterni) e la camera a vuoto; e con quattro sezioni dritte che dritte non erano ma avevano raggio di curvatura circa doppio (un po' come nelle macchine a settori ma senza complicazioni geometriche). Di questo magnete, concepito in pochi giorni da Giorgio Ghigo (un collega ed amico di cui tutti rimpiangiamo la scomparsa nel 1967) e realizzato con l'aiuto di G. Sacerdoti, dirò solo che è un capolavoro di semplicità specie se si tiene conto dell'urgenza che tutti noi ponevamo

nel lavoro di costruzione: urgenza di cui lo stesso Ghigo era partecipe e e che lo portava a scegliere con grande sicurezza l'optimum tra la soluzione intelligente e quella che le officine avrebbero saputo meglio costruire.

Il magnete pesava 8,5 tonnellate e, nelle prime prove, era montato su un traliccio mobile che consentiva di spostare su rotaie l'intera macchina: espediente, questo, che consentiva l'iniezione di elettroni e positroni mediante la produzione di coppie, da parte del fascio del sincrotrone, esponendo alternativamente due convertitori interni diametralmente opposti. In seguito questo particolare schema fu abbandonato, ma, sia a Frascati che ad Orsay, furono sempre adoperati supporti mobili che portavano 'a spasso' AdA per molti metri con tutto il suo peso: soluzione che oggi può sembrare incredibile (per il condizionamento che tutti noi subiamo) in confronto a quella di costruire canali di trasporto per fasci che iniettino in punti diversi dell'anello; ma che incredibile non è affatto se si pensa alla praticità ed al tempo risparmiato. Del resto, di questa estrema mobilità di AdA (un 'oggetto' che complessivamente arrivava quasi a 10 tonn.) abbiamo approfittato più volte con disinvoltura, come quando l'anello, trasportato in Francia su un grosso camion attraverso le Alpi, viaggiò con la camera a vuoto chiusa e la pompa al titanio in funzione alimentata da batterie, ad una pressione che non superò nel viaggio 10^{-8} torr ed ebbe qualche noia soltanto dai doganieri (comprensibilmente sorpresi).

II Nel febbraio 1961, indubbiamente a tempo di record, avevamo il primo prototipo di anello di accumulazione per elettroni e positroni in grado di mostrare sperimentalmente che l'accumulazione, almeno con fasci deboli, era possibile. Il gruppo si era accresciuto, rispetto a quello iniziale, acquistando le indispensabili competenze di Ubaldo Bizzarri, Giuseppe Di Giugno e Ruggero Querzoli. A fianco del gruppo, collaboravano attivamente Antonio Massarotti e Mario Puglisi, per i problemi delle cavità RF, nonché il già nominato Sacerdoti per le costruzioni magnetiche. Formidabile l'apporto, continuato nel periodo francese, dei tecnici Ilio Bruno, Giorgio Cocco, Dino Fabiani, Mario Fascetti ed Angelo Vitali. Tutti eravamo sollecitati ad 'inventare' soluzioni per problemi nuovi, più o meno grandi, attorno a questa piccola macchina che è meglio descritta dalla tabella delle sue caratteristiche principali:

Diametro esterno	160 cm
Campo massimo	14.500 gauss
Indice di campo	$n = 0.54$
Numero sezioni (dritte)	4
Lunghezza sezioni (dritte)	11 cm
Traferro utile	5 cm
Frequenza cavità RF	147.2 MHz
Armonica	2
Tensione di picco	5.5 kV

L'energia a cui lavoravamo di solito era di circa 200 MeV/fascio, cioè 400 MeV nel centro di massa; ci sarebbero voluti positroni da 160 GeV per ottenere la stessa energia nel centro di massa in collisioni con elettroni fermi: quindi, AdA era già un acceleratore di grandissima energia, seppure di intensità troppo debole.

Per il lavoro in Francia, a partire dall'estate del 1962, si erano uniti al gruppo Pierre Marin e François Lacoste: quest'ultimo però, dopo una breve collaborazione, lasciò il laboratorio per dedicarsi ad altre ricerche e fu sostituito da Jacques Haissinski che, con la sua tesi di Docteur ès-Sciences, resta il migliore biografo di AdA[7].
AdA era installata in una delle stazioni intermedie dell'acceleratore lineare di Orsay (*salle de cible* '500 MeV') e le condizioni di lavoro non erano delle più comode: generalmente, il processo di carica richiedeva un'intera notte a causa della bassa efficienza di conversione del radiatore interno da cui si ottenevano le coppie $e\bar{e}$ per bombardamento con il fascio da 500 MeV del Linac.
Oltre alla sorveglianza continua e manuale sui parametri di funzionamento, era necessario riaggiustare frequentemente il monitor della corrente circolante, ottenuto con un curioso dispositivo: si tarava un fotomoltiplicatore esposto alla luce di sincrotrone degli elettroni (positroni) circolanti partendo dall'ampiezza dell'impulso di *un solo elettrone,* per poi procedere per decadi mediante attenuazioni successive ottenute con filtri ottici e con la riduzione della tensione di alimentazione del fototubo. Con questo metodo si procedeva per 7 od 8 ordini di grandezza sino a correnti circolanti di qualche unità per 10^7 (numero di e o di $\bar{e}$).
Per l'iniezione, usavamo un complicato meccanismo di modulazione della tensione RF: la tensione veniva ridotta a metà per circa 30 μ sec, un tempo lungo rispetto all'impulso del Linac (che era di circa 1 μ sec). Le particelle di energia prossima a quella nominale, spiralizzando verso il centro di AdA a partire dal convertitore sul quale erano state prodotte, venivano così catturate come in un sincrotrone quando la tensione in cavità risaliva al suo massimo; nel frattempo, le particelle già accumulate non subivano perdite grazie al fatto che lo smorzamento radiativo aveva ridotto, tra due impulsi consecutivi del Linac, le oscillazioni di fase ad ampiezze che potevano essere contenute anche da tensioni RF più basse, come quelle usate durante la modulazione. Si iniettavano così circa 4300 elettroni (positroni) al secondo, con una intensità media al Linac di 0,5 μ A.

III All'inizio del 1963, si presentò l'imprevisto più importante[8]: l'effetto Touschek. Da una serie di misure eseguite a 195 MeV per fascio, risultò che la vita media di *ciascun* fascio (contenente p. es. N particelle) era descritta da questa formula:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_0} + \alpha N$$

essendo τ_o la vita media a bassa intensità ed α un coefficiente che, dalle misure, risultava fortemente dipendente dall'energia:

$$\alpha \sim E^{-9/2}$$

(per l'intervallo $100 \div 200$ MeV).
Touschek trovò il meccanismo del fenomeno lavorandoci sopra per una notte (durante la quale si assentò dalla sala in cui vivevamo tormentati dal chiasso dei ventilatori dell'impianto RF e dai battibecchi al citofono con gli operatori del Linac, lontanissimi). Egli osservò che: 1) doveva trattarsi di un meccanismo interno ai pacchetti circolanti, 2) doveva essere un effetto di collisione, in quanto la perdita era proporzionale al numero di coppie di particelle presenti in un pacchetto. Osservò poi che, descrivendo la stabilità dei fasci mediante una buca tridimensionale, le pareti longitudinali della buca erano molto più basse di quelle trasversali e quindi un trasferimento per collisione dell'energia trasversale in energia longitudinale conduceva necessariamente a perdite. Un calcolo approssimativo dava subito la giusta espressione per α, nell'intervallo 100-200 MeV; completammo successivamente la teoria dell'effetto estendendola ad ogni energia. La conclusione immediata fu però che, essendo la perdita confrontabile con la velocità di iniezione per $N \approx 4 \times 10^7$ particelle circolanti, non avremmo potuto superare questo livello (a 200 MeV) ed anzi già a $2 \div 3 \times 10^7$ particelle la saturazione era praticamente raggiunta.
Si poteva aumentare un po' l'energia: ma a 220 MeV l'impianto era già in difficoltà e la velocità d'iniezione diminuiva. Scegliemmo perciò un'altra via: trattandosi di un effetto di collisione, esso dipendeva dalla densità e quindi dal volume occupato dalle particelle. Ora, siccome la dimensione verticale del pacchetto era molto più piccola dell'orizzontale, accoppiando le oscillazioni di betatrone (tra i due modi) si poteva 'gonfiare' il fascio durante tutto il periodo dell'iniezione. Ciò che effettivamente avvenne con l'impiego di una bobina quadrupolare con assi opportuni: recuperammo così un fattore 3 (circa) sulla vita media.

IV L'obiettivo dell'impresa era quello di dimostrare sperimentalmente la possibilità di interazioni fascio-fascio ad alta energia. In altri termini, dimostrare che i fasci si *incontrano*, mediante un processo riconoscibile ed attribuibile chiaramente a collisioni $e\bar{e}$.
Avevamo puntato sulla reazione:

$$\bar{e} + e \to \gamma + \gamma$$

che, attraverso le coincidenze tra due fotoni di circa 200 MeV l'uno, colineari e diretti in versi opposti, avrebbe dato garanzie di piena identificazione di un evento 'genuinamente' attribuibile ad interazioni tra i due fasci. Di Giugno e Querzoli avevano montato un dispositivo adatto allo scopo, costituito principalmente da due Čerenkov in vetro al piombo affacciati alle due estremità della sezione diritta dell'anello situata sul lato opposto alla cavità RF.

L'effetto Touschek però ci costrinse a cambiare scelta, perché la sezione d'urto di $e + \bar{e} \to \gamma + \gamma$ a 200 MeV era troppo piccola per le intensità di saturazione (10^{-29} cm^2, corrispondente a qualche annichilazione genuina in molte ore, su un fondo chiaramente decifrabile). Ripiegammo sulla *bremsstrahlung* singola:

$$e + \bar{e} \to e + \bar{e} + \gamma$$

che ha una sezione d'urto circa 1000 volte più grande di $e + \bar{e} \to \gamma + \gamma$ (per fotoni di energia misurabile con i Čerenkov). In questo processo però non sono possibili coincidenze perché solo il γ esce dalla macchina; inoltre, vi è un fondo fisicamente identico generato dalle collisioni con gli atomi del gas residuo. La sottrazione del fondo però non è difficile se si misura il numero di fotoni energici per particella in un fascio (quello diretto come il fotone rivelato) in funzione del numero di particelle nell'altro fascio. È facile vedere che la relazione tra n (numero di fotoni rivelati per unità di tempo) ed N_2 (numero di particelle nel fascio 'bersaglio') è:

$$\frac{n}{N_1} = a + b\, N_2$$

dove N_1 è il numero di particelle nel fascio 'proiettile'; a è il contributo del gas; b è la quantità rilevante, che misura le interazioni tra i due fasci[9]. Questa reazione è stata successivamente usata in tutte le macchine nipoti e pronipoti di AdA come reazione monitor, cioè come indicatore della 'luminosità' L; L è il parametro che lega il numero di eventi osservati n alla sezione d'urto del processo che dà luogo a quegli eventi, σ:

$$n = L\,\sigma.$$

Nel caso di AdA, servì essenzialmente a concludere che, essendo:

$$n_{e\bar{e}} = 2.25 \times 10^{-16}\, N_1\, N_2 \text{ eventi/sec}$$

le dimensioni dei pacchetti erano quelle previste[9] (valori quadratici medi):

volume ≈ 0.03 cm^3
lunghezza ≈ 25.5 cm
larghezza (dim. radiale) ≈ 0.175 cm
altezza ≈ 0.0067 cm

V È servito, il prototipo AdA? Noi crediamo di sì e particolarmente in questo: a contrastare un certo squilibrio nello sviluppo della fisica delle particelle, squilibrio che si è manifestato con una grossa concentrazione di mezzi sulle macchine per protoni e con una certa mancanza di fiducia iniziale nelle macchine per elettroni. Ma, come dice Touschek[10]: « ... la teppa adronica urla, e si capisce poco. Qui invece abbiamo a che fare con particelle che parlano civilmente ».

I Laboratori Nazionali di Frascati erano nati con la vocazione per gli elettroni e si trovarono quindi in buona condizione per affrontare immediatamente un fatto più impegnativo: l'anello di accumulazione Adone, da 1500 MeV per fascio, di cui non posso accennare qui nemmeno somma-

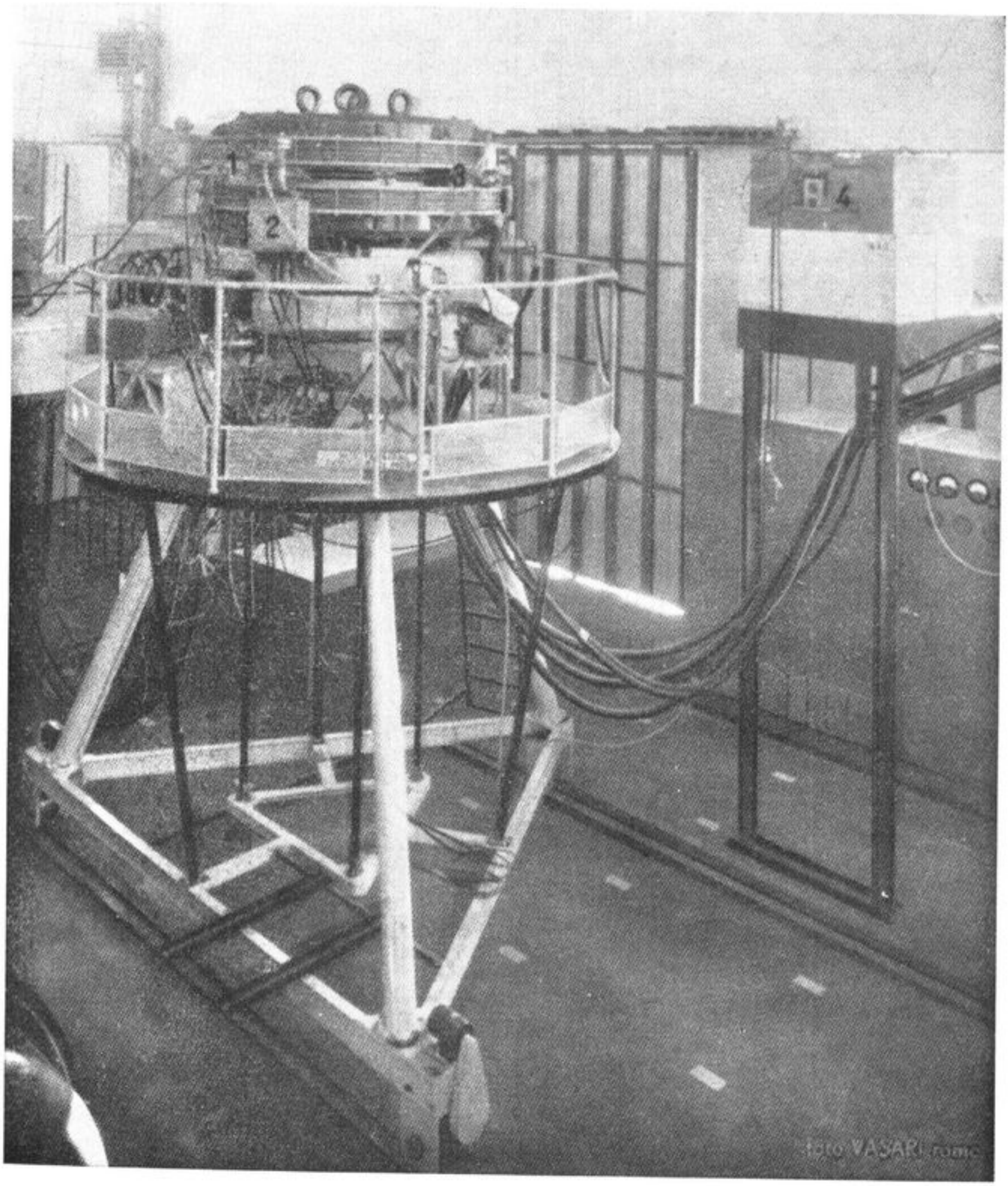


Fig. 1 - L'anello AdA sulla torre mobile nella sala macchine del sincrotrone di Frascati.
The AdA ring on the mobile tower in the generator hall of the Frascati synchrotron.

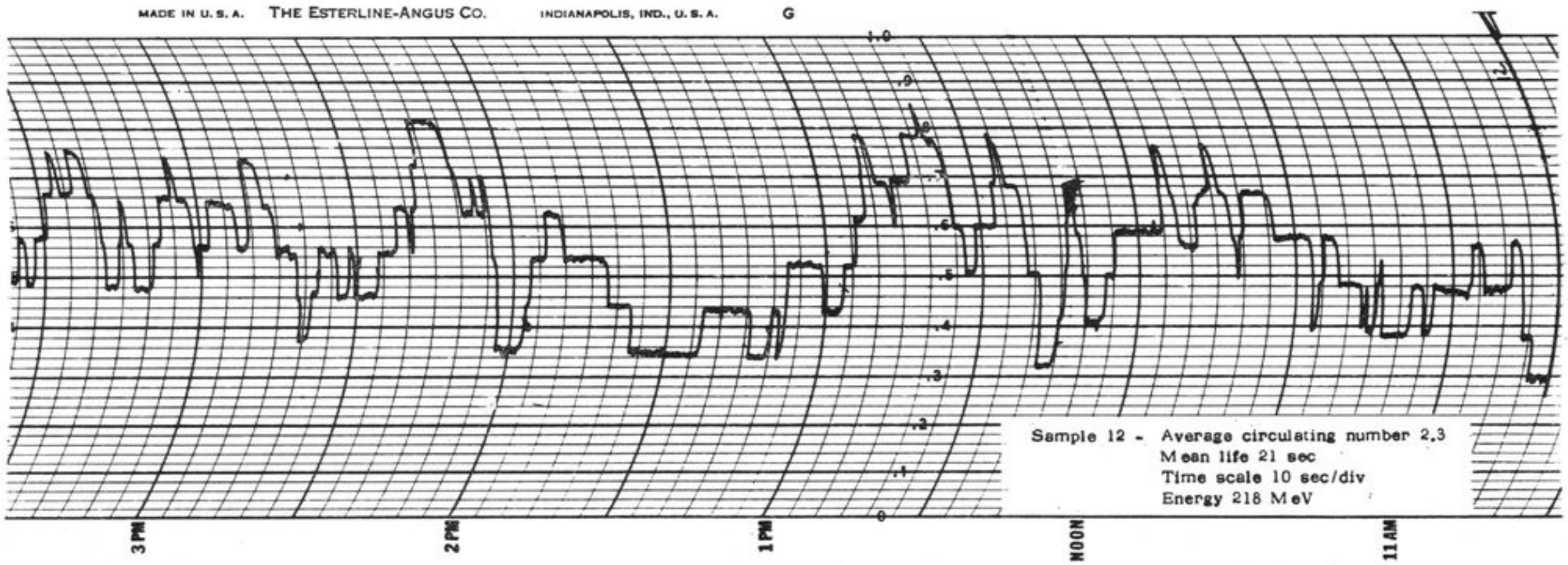


Fig. 2 - Registrazione dei primi elettroni accumulati in Ada. La vita media era di 21 sec, il numero medio di elettroni presenti (con l'iniettore-sincrotrone in funzione) era di 2.3, la pressione nella camera da vuoto era di 5×10^{-6} torr.

Registration of the first electrons stored in AdA. The half life was 21 sec, the average number of electrons present (with the synchroton injector working) was 2.3, the pressure in the vacuum chamber was 5×10^{-6} torr.

riamente le interessantissime vicende (spero che qualcun altro lo faccia con una certa ampiezza). Adone fu una scelta 'nazionale', decisa dalla comunità dei fisici raggruppati nell'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare).
Non voglio qui ricordare i meriti della scelta: oggi, con la costruzione dell'anello Petra ad Amburgo, siamo a dimensioni che nessuna fantasia avrebbe potuto prevedere all'epoca di AdA. Così come un contadino che guarda i campi dalla finestra della sua fattoria non può prevedere la struttura della città di cui è appena iniziata la costruzione. Ma che degli aspetti umani dell'impresa AdA si sia perduta memoria un po' ci dispiace: lì c'era tutto da inventare ed ognuno di noi aveva un ruolo che è difficile ritrovare nei megalaboratori di oggi. Ed è difficile riprodurre il clima descritto dallo stesso Touschek[10]: « Avevamo accumulato 80 elettroni (o positroni) [non si è mai saputo, le discussioni sui segni erano interminabili e contrastate]. Per fare la curva di decadimento, lasciammo solo Peppino Di Giugno — in quell'epoca il più giovane membro della nostra *équipe*. Alle sette della mattina dopo ricevetti la seguente telefonata: 'Ce ne sono ancora 18, posso ammazzarli?' È facile immaginare cosa risposi ». Era la prova sperimentale delle vite medie di molte ore (5, in quel caso)! una prova cruciale.

Di tante piccole cose non resta che labile traccia. Il professor Dee, di Glasgow, stentava a credere che gli avessimo mostrato la luce di un solo elettrone circolante, una piccola *spot* bluastra attraverso l'oblò su cui era montato il fotomoltiplicatore: dovemmo fargli tutti i calcoli necessari, naturalmente a tavola all'ora dei pasti.
Quando passammo in Francia, i viaggi da Orsay a Roma ci bruciavano tutti i *week-end* con disappunto delle famiglie. Partivamo carichi di strumenti ed avevamo non poche noie con la dogana. Il laboratorio di Orsay non era poi così bello come adesso e, durante il disgelo, si affondava nel fango intorno alle baracche; ma i colleghi francesi avevano formidabili servizi tecnici, specie per quanto riguarda la meccanica: si riusciva così, abbastanza spesso, a realizzare cose che erano pressoché impossibili, come ripristinare la trasparenza di un grosso Čerenkov al piombo, annerito dalle radiazioni, mediante lenta cottura in un forno guardato a vista per giorni.
Eravamo disordinati e chiassosi: ma era un segno dell'entusiasmo e serviva a passare, lontani da casa, anche i giorni di festa (il 23 dicembre del 1963 il gruppo si concedeva appena una cena ai Deux Dragons, una trattoria cinese di Parigi, lasciando tracce di calcoli e diagrammi sulle tovaglie di carta). Eravamo anche così ingenui da non pensare che il lavoro fatto ed i risultati ottenuti dovevano essere 'amministrati' mediante una accurata propaganda, secondo le tradizioni accademiche: eppure, i laboratori di Frascati stavano per aprire una via nuova e di estremo interesse scientifico, oltreché economicamente plausibile in confronto alle grandi imprese internazionali.

Questi ricordi, seppure tardivi, spero servano a riproporre un capitolo dimenticato: non tanto per rivendicare priorità, ché su questo non ci sono problemi, ma per sottolineare su un caso particolarmente istruttivo l'importanza di quel rapporto, tra gli oggetti e le idee, che spesso nella *big-science* si perde per effetto di un mercato condizionante; di un mercato che influenza le scelte, attraverso gli strumenti che offre in forma già rifinita, sino a sopraffare il progetto scientifico innovatore che richieda troppa originalità. Serve dunque una forte tensione morale per portare sino in fondo una impresa controcorrente, una impresa che non riesce a farsi strada se non *dopo* avere raggiunto i suoi risultati. Della tensione morale necessaria per portare sino in fondo la 'via italiana alla fisica delle alte energie' siamo tutti debitori a Bruno Touschek; e mi sembra doveroso dirglielo pubblicamente.

C. B.

BIBLIOGRAFIA

1 C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Ghigo, B. Touschek, *Nuovo Cimento 18*, 1293 (1960).

2 D. W. Kerst et al., *Phys. Review 102*, 590 (1956).

3 G. I. Budker et al., *Inf. Conf. on High Energy Accelerators*, Dubna, 1963.

4 G. I. Budker, *Sov. Phys. Uspekhi 9*, 534 (1966).

5 G. K. O'Neill, *Phys. Rev. 102*, 1418 (1956).

6 S. J. Brodsky, T. Kinoshita, H. Terazawa, *Phys. Rev. Letters 25*, 972 (1970).

7 J. Haissinski, *Thèse*, Orsay Série A, n. 81 (1965).

8 C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Di Giugno, G. Ghigo, J. Haissinski, P. Marin, R. Querzoli, B. Touschek, *Phys. Rev. Letters 10*, 407 (1963).

9 C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Di Giugno, J. Haissinski, P. Marin, R. Querzoli, B. Touschek, *Nuovo Cimento 34*, 1473 (1964).

10 B. Touschek, *Accademia Naz. Lincei*, n. 33 (1977) (Centro Linceo Interdisciplinare).

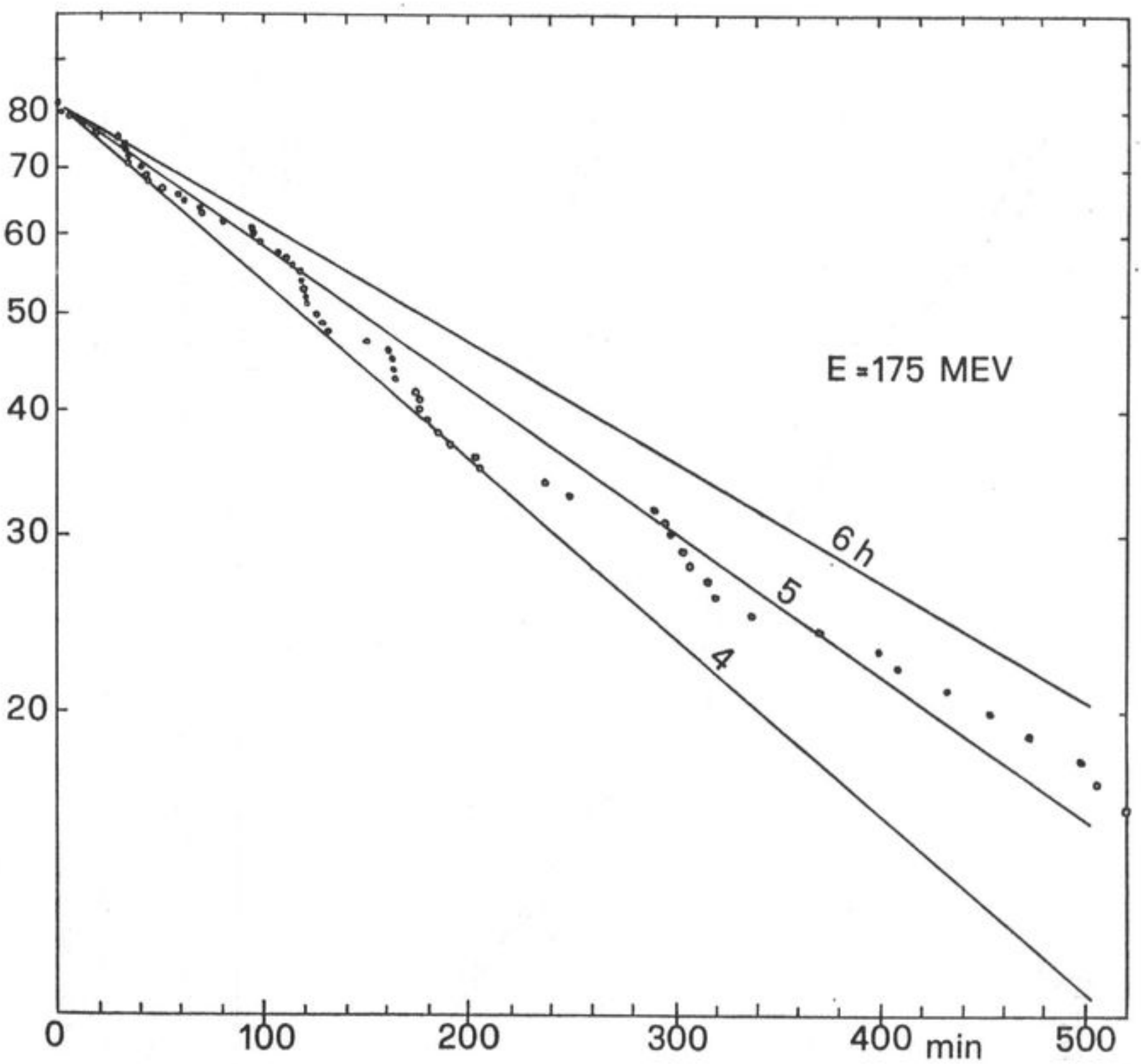


Fig. 3 - Il decadimento di 80 elettroni accumulati nella camera da vuoto 'buona' (a Frascati); dopo 500 minuti, ne restavano 18 (cfr. testo).

The decay of 80 electrons stored in the 'good' vacuum chamber (at Frascati); after 500 minutes, 18 remained (see text).

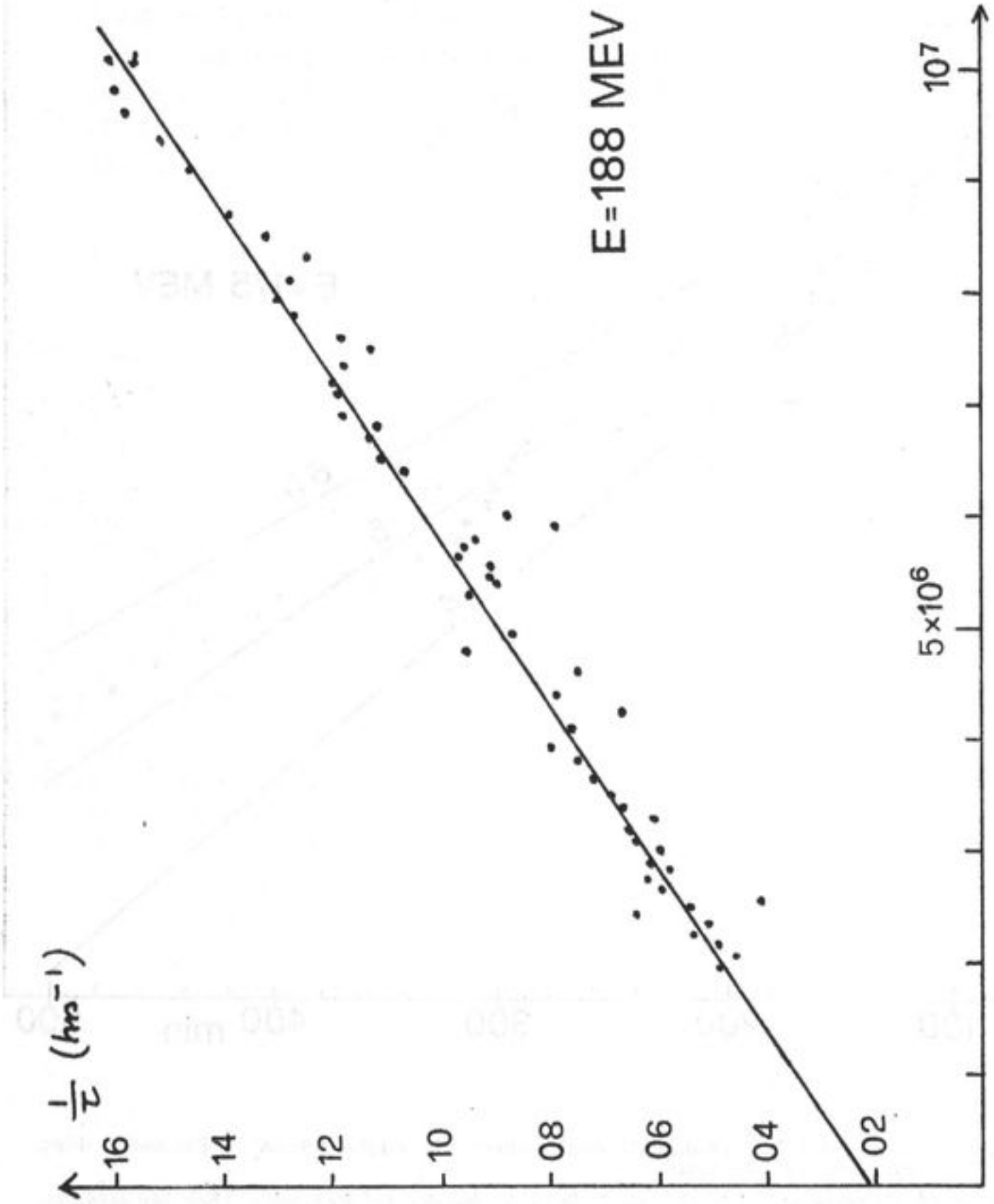


Fig. 4 - L'inverso della vita media, $\frac{1}{\tau}$, in funzione del numero di particelle nel *beam* (N): effetto Touschek.
Disegno originale di B. Touschek.

The inverse of the half life, $\frac{1}{\tau}$, as a function of the number of particles in the beam (N): Touschek effect. Original drawing by B. Touschek.

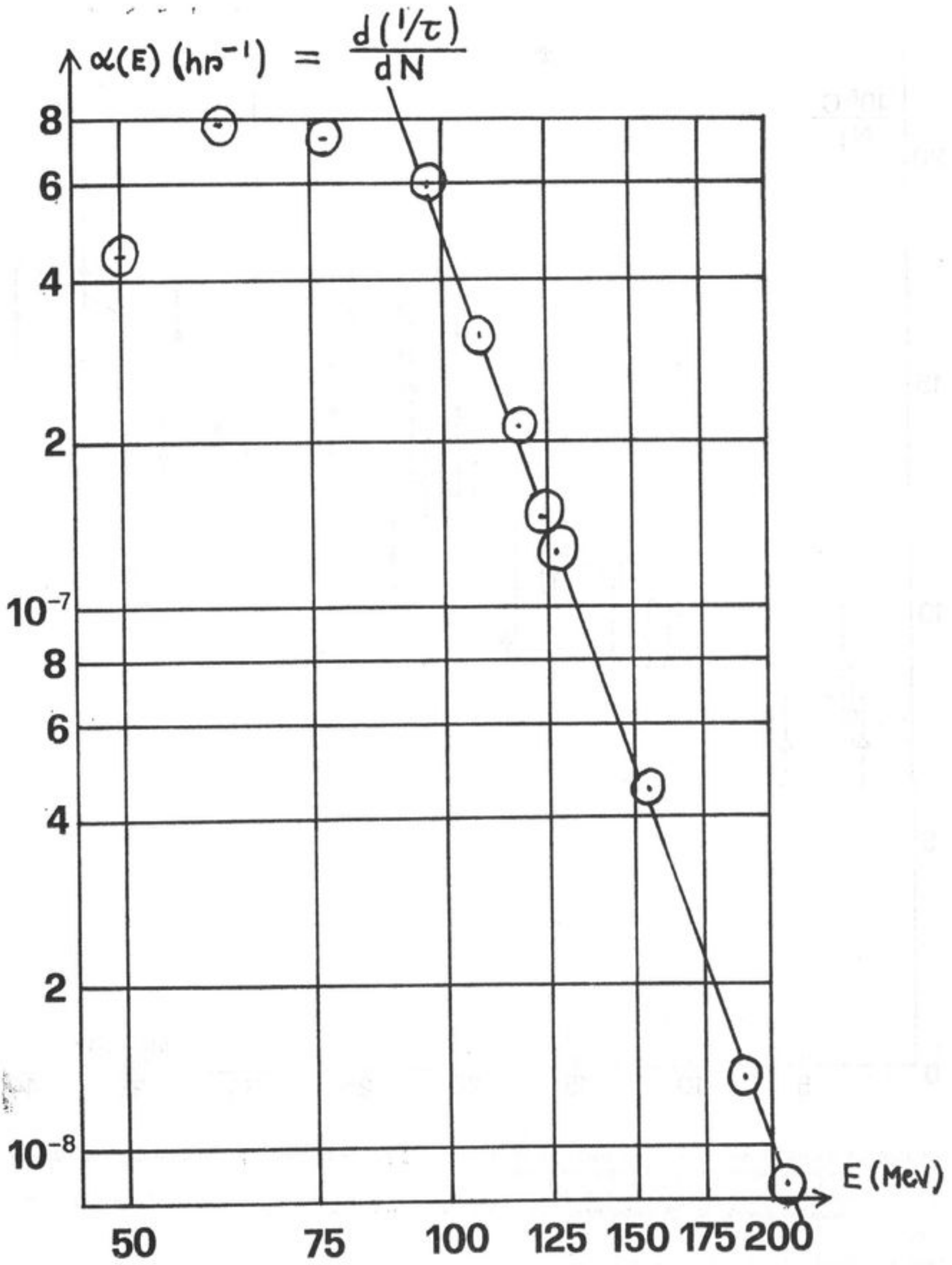


Fig. 5 - La teoria dell'effetto Touschek, a confronto con i dati sperimentali. Disegno originale di B. Touschek.
The theory of the Touschek effect compared with experimental data. Original drawing by B. Touschek.

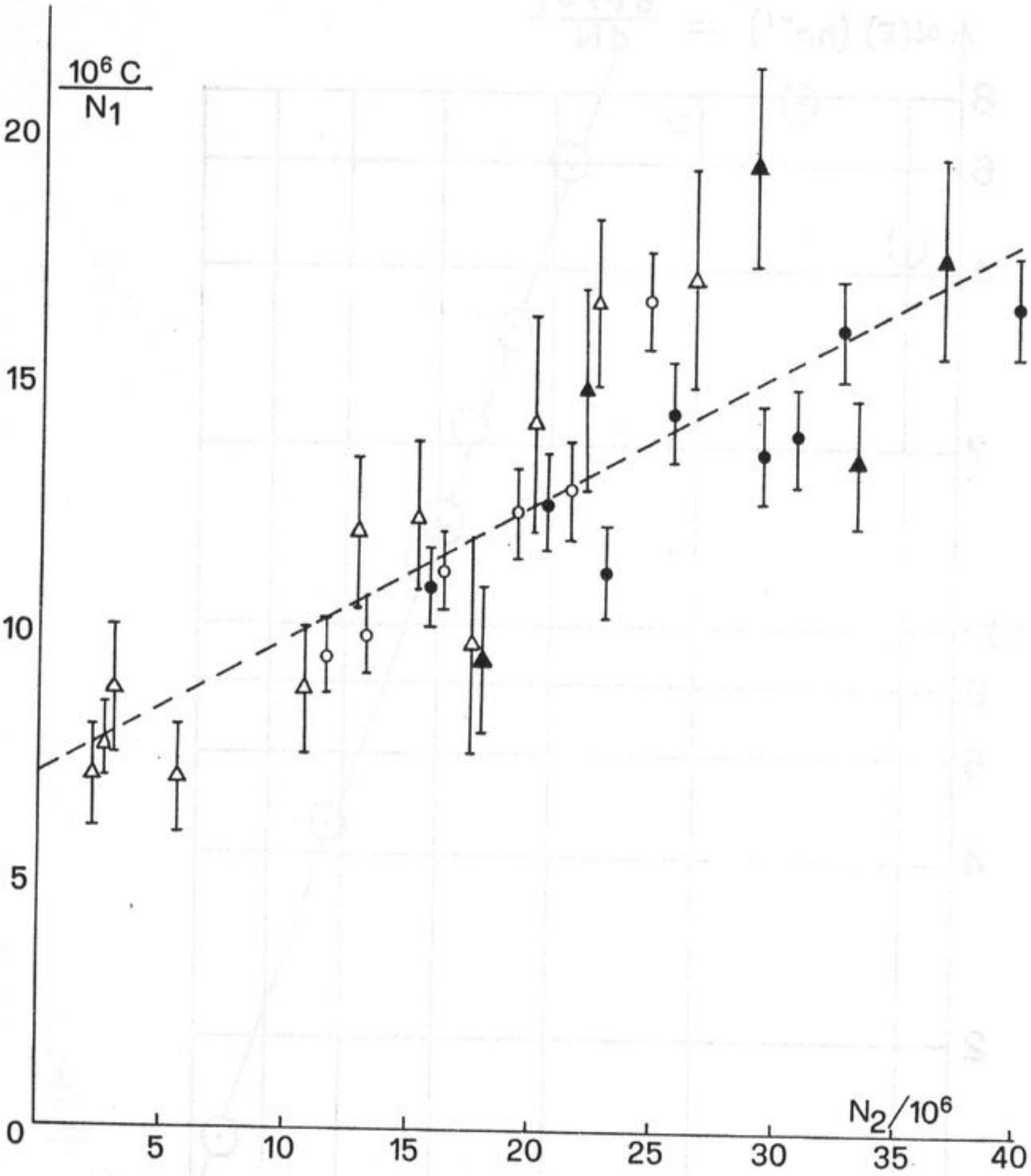


Fig. 6 - Velocità di conteggio C per particella (C/N_1) in un fascio in funzione del numero di particelle nel fascio antagonista, N_2. Disegno originale.

Counting rate C per particle (C/N_1) in a bunch as a function of the number of particles in the opposing bunch, N_2. Original drawing.

The Story of AdA

CARLO BERNARDINI
Università di Roma

I

The story of AdA began at the end of 1959 with a seminar by Bruno Touschek given at the Frascati Laboratories (I do not recall the exact date), and with it began the story of the electron and positron storage rings. Touschek had two clear and simple ideas:
1) the $e\bar{e}$ system has the quantum numbers of a boson and therefore, at suitably high energies, is an electromagnetic source for particles that are relevant for the study of strong interactions as well as for electrodynamics.
2) electrons and positrons of equal energy have the quality of following the same trajectories (with inverse velocity) in a magnetic field. Thus they will naturally cross head on in a single magnetic ring and in the collisions all energy will be available since the center of mass is at rest.
For building a device that would concretely permit experiments by means of $e\bar{e}$ collisions at high energy, these ideas may seem not enough; but even the first analysis of the problems led to the conclusion that there was 'in principle' no objection to its feasibility. Of course there were some significant technical problems. At that time, two particularly worrying ones were 1) it was necessary to build a source of positrons that could be injected into a magnetic ring and the source must produce circulating currents comparable to those of electron beams 2) it was necessary to realize conditions under which the beams would last a long time in the ring so that they would undergo a great number of collisions to compensate for the low density. Thus it was necessary to achieve pressures below 10^{-9} torr so that the half-life for scattering in the gas would last a sufficient number of hours.
On the very day of the seminar, Gianfranco Corazza, Giorgio Ghigo and I latched on to the proposal and began to work on the project with Touschek[1] (whose imagination had to be kept under control so as to avoid setting off on too many 'promising' roads).

The idea of beam-beam collisions was certainly not new. In 1956[2] Kerst and others had ventured in this direction but they had followed a plan that still today I must criticize for its artful complexity, above all, considering the problem (less interesting, in my opinion) of collisions between conventional beams (such as proton-proton or electron-electron) in machines formed of either tangential or intersecting double rings. It seems that A. M. Budker (recently deceased) from Novosibirsk[3] was aware of rings for $e\bar{e}$ collisions at the same time as we were, as he later affirmed on various occasions and as the rapid construction of the VEPP 2 machine confirms. Other attempts by Budker[4] and the Stanford-Princeton group[5] (G. O'Neill, W. Barber, B. Richter, W. Panofsky) dealt with tangential double rings for electron-electron collisions. These attempts which are now finished and lack any major scientific prospects (except for

the question, actually undestood much later[6] of $\gamma\gamma$ collisions, which however can also be handled with $e\bar{e}$ rings) contained much new technology in the field of accelerators but, they also contained more problems than those presented by an $e\bar{e}$ machine.
Thus we were fortunate in the fact that Touschek's 'nose' (apologies for the colorful expression) immediately pointed (consciously) to the most scientifically useful and (unconsciously) to the most technically useful and easiest path. I must add that because of the problem of the injection of positrons, eventually we were forced to emigrate (in the summer of 1962), taking advantage of the hospitality of our French colleagues in Orsay who had an excellent 1 GeV linear accelerator, incomparably more suitable than the Frascati synchrotron that had been used in the initial tests. But this was not before we had experimented, using very weak beams at Frascati in February 1961, on the principle of accumulation thanks to the fact that Corazza and his little team were capable of producing reasonable vacuums in volumes of many litres. (Those who remember the vacuum techniques of those years know that this problem, of interest to many plasma physicists, was anything but simple. Therefore I must add that the pressures achieved were often at the limit of the Alpert vacuum gauges and that the capacity achieved in Frascati for making clean chambers is one of the modest but extraordinary facts about a kind of artisan research that today has disappeared).

Giorgio Salvini, the director of the Frascati Laboratories in 1960 immediately realized the significance of the undertaking and obtained from CNEN (Felice Ippolito was the secretary general) a special grant of 20 million lire for the construction of the AdA prototype. The financing was mainly to cover the cost of the magnet. It was, loosely speaking, a 'ring', made of two superimposed discs of solid iron (in imitation of betatrons) with a housing along the edge for the placement of the coil (with external returns) and the vacuum chamber. It had four 'straight' sections that were not quite straight but had a radius of curvature nearly double (similar to the sector-focused machines but without geometric complications). This magnet, conceived in a few days by Giorgio Ghigo (a colleague and friend whose loss in 1967 is felt by all) and realized with the help of G. Sacerdoti, is a masterpiece of simplicity especially if one considers the speed of its construction. Ghigo, too, felt the urgency, and with great skill found the optimum compromise between an intelligent solution and one that the workshops could most effectively build.

The magnet weighed 8.5 tons and during the first tests was mounted on a moveable frame that allowed us to move the whole machine on wheels. This expedient permitted the injection of electrons and positrons through the production of pairs, by the synchrotron beam, exposing alternatively two diametrically opposed internal converters. This former system was later abandoned but both at Frascati and at Orsay mobile supports that allowed the displacement of AdA over many meters with all its weight, were always used. Today this solution may seem incredible (by the conditioning we have all undergone) compared with the solution of constructing channels to transport beams that can be injected at different places in the ring. But it is not at all incredible if one thinks of the practicality and of the time saved. What is more, we readily took advantage of AdA's great mobility (an 'object' that weighed nearly 10 tons overall) more than once. When the ring was transported in a large truck over the Alps to France, it travelled with the vacuum chamber sealed and the titanium pump supplied by a battery, at a pressure that did not exceed 10^{-8} torr during the trip; it only had little trouble with the customs officials who were understandably surprised.

II

In February 1961, undoubtedly in record

time, we had the first prototype of an electron and positron storage ring that could experimentally show that storage, at least with weak beams, was possible. The group had grown since its beginnings, acquiring the indispensible talents of Ubaldo Bizzarri, Giuseppe Di Giugno and Ruggero Querzoli. The group was supported by active collaboration from Antonio Massarotti and Mario Puglisi for the problems of the RF cavity and from the above mentioned Sacerdoti for the magnetic constructions. There were outstanding contributions that continued during the French period, from the technicians Ilio Bruno, Giorgio Cocco, Dino Fabiani, Mario Fascetti and Angelo Vitali. We were all urged to « invent » solutions to great or minor new problems with this little machine that is best described by the table of its principal characteristics:

External diameter	160 cm
Maximum field	14.500 gauss
Field index	n = 0.54
Number of sections (straight)	4
Length of sections (straight)	11 cm
Useful gap	5 cm
RF cavity frequency	147.2 MHz
Harmonic number	2
Peak voltage	5.5 kV

The energy at which we worked was usually about 200 MeV beam, that is, 400 MeV in the center of mass. 160 GeV positrons would have been needed to obtain the same energy in the center of mass in collisions with stationary electrons. Therefore AdA was an accelerator of high energy, though its intensity was too weak.

For the work in France, starting in 1962, Pierre Marin and François Lacoste had joined the group. However, after a short collaboration, the latter left to devote himself to other research and he was replaced by Jacques Haissinski who, with his Docteur ès-Sciences thesis is the best biographer of AdA[7].

AdA was installed in one of the intermediate stations of the linear accelerator at Orsay (*salle de cible* '500 MeV') and the working conditions were not the most convenient. Generally the charge process took a whole night because of the low conversion efficiency of the internal radiator from which the $e\bar{e}$ pairs were obtained by bombarding it with the 500 MeV beam from the Linac. In addition to doing continuous manual monitoring of the working parameters, it was necessary to frequently readjust the monitor of the circulating current obtained by an unusual device. We calibrated a photomultiplier exposed to synchrotron light of circulating electrons (positrons) starting with the amplitude of the impulse of *one single electron*, and then proceeded in factors of ten through successive attenuations obtained with optical filters and with the reduction of the supply voltage of the phototube. By this method we went through 7 or 8 orders of magnitude up to circulating currents of a few 10^7 (number of e or $\bar{e}$). For the injection, we used a complicated method based on RF voltage modulation. The voltage was reduced to half for approximately 30 μ sec, a time long compared with the Linac pulse (which was about 1 μ sec). The particles with an energy near to the nominal one, spiraling towards the center of AdA starting from the converter on which they had been produced were thus captured (much as in a synchrotron) when the cavity voltage went back to its full value. Meanwhile, the stored particles did not undergo losses thanks to the fact that the radiative decay had reduced, between two consecutive impulses of Linac, the phase oscillations to amplitudes that could be contained by even lower RF voltages than those used during modulation. Thus about 4300 electrons (positrons) were injected per second, with an average intensity at Linac of 0.5 μA.

III

At the beginning of 1963, the most important unexpected event, the Touschek effect[8] was found. From a series of measurements carried out at 195 MeV per beam, it was found that the mean-life of *each* beam (containing

N particles, for example) was described by the following formula

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_0} + \alpha N$$

where τ_0 is the mean-life at low intensity, and α a coefficient that from the measurements, appeared strongly dependent on the energy

$$\alpha \sim E^{-9/2}$$

(for the interval $100 \div 200$ MeV).

Touschek found the mechanism of this phenomenon by working on it for a night (during which he left the room in which we were living tormented by the noise of the RF system ventilators and the squabbles over the intercom with the very distant Linac operators). He observed that 1) it must be a mechanism internal to the circulating bunches, 2) it must be an effect of collision in that the loss was proportional to the number of pairs of particles present in a bunch. He observed also that, in describing the stability of the bunches through a three-dimensional well the longitudinal walls of the well were much lower than the transverse ones and therefore a transfer of the transverse energy into longitudinal energy through a collision would necessarily lead to losses. A rough calculation immediately gave the correct expression for α in the 100-200 MeV interval. Later we completed the theory of the effect, extending it to all energies.

The immediate conclusion however, was that since the loss was comparable to the injection rate for $N \approx 4 \times 10^7$ circulating particles, we could not go over this level (at 200 MeV) and already at $2 \div 3 \times 10^7$ particles saturation had nearly been reached. The energy might be slightly increased but at 200 MeV the system was already having difficulties and the injection rate was decreasing. As a result, we chose another method. Since the effect was due to collisions, it depended on the density and therefore on the volume occupied by the particles. Since the vertical dimension of the bunches was much smaller than the horizontal one, by coupling the betatron oscillations (between the two modes) one could « expand » the beam during the whole injection period. This is what happened with the use of a quadrupole coil with appropriate axes. Thus we recovered a factor of 3 (approximately) on the mean-life.

IV

The object of the enterprise was to demonstrate experimentally the possibility of beam-beam interactions at high energy in other words to demonstrate that beams *meet* through a recognizable process that can be clearly attributed to $e\bar{e}$ collisions. We were concentrating on the reaction

$$\bar{e} + e \to \gamma + \gamma$$

which, through the coincidences between two colinear photons of about 200 MeV each, pointing in opposite directions, would have given confidence in the identification of an event that would be 'genuinely' attributable to interactions between two beams. Di Giugno and Querzoli had set up a device suitable for the purpose, consisting mainly of two lead glass Čerenkov counters facing each other at the two extremities of the straight section of the ring situated on the opposite side of the RF cavity.

However, the Touschek effect forced us to change our choice because the cross-section of $e + \bar{e} \to \gamma + \gamma$ at 200 MeV was too small for the saturation intensity (this cross-section is 10^{-29} cm^2, corresponding to a few true annihilations in many hours on a background that could not be clearly subtracted). We went back to the single *Bremsstrahlung*

$$e + \bar{e} \to e + \bar{e} + \gamma$$

that has a cross-section about 1000 times greater than $e + \bar{e} \to \gamma + \gamma$ (for photons having an energy measurable with Čerenkov counters). However in this process, coincidences are not possible because a single γ comes out of the machine. Furthermore, a

physically identical background is generated by the collisions with the atoms of the residual gas. However, the subtraction of the background is not difficult if one measures the number of high energy photons per particle in a beam (the one emitting the forward detected photon) as a function of the number of particles in the other beam. It is easy to see that the relation between n (number of photons detected per unit time) and N_2 (number of particles in the 'target' beam) is

$$\frac{\dot{n}}{N_1} = a + bN_2$$

where N_1 is the number of particles in the 'projectile' beam; a is the contribution of the gas; b is the relevant quantity that measures the interactions between the two beams[9]. This reaction was later used in all the subsequent offspring machines of AdA as a monitor reaction, that is as the indicator of the 'luminosity' L; L is the parameter relating the number of observed events $\dot{n}$ with the cross-section of the process that leads to those events,

$$\dot{n} = L\sigma$$

In the case of AdA, it mainly served to conclude that since

$n_{e\bar{e}-} = 2.25 \times 10^{-16} N_1 N_2$ events/sec

the size of the bunches was as predicted([9]) (mean square values):

volume	$\approx$	0.03 cm³
length	$\approx$	25.5 cm
width (radial)	$\approx$	0.175 cm
height	$\approx$	0.0067 cm

V

Was the AdA prototype useful? We think so, particularly in this: in contrasting a certain imbalance in the development of particle physics, an imbalance that manifested itself in a great concentration of means on proton machines and with an initial lack of faith in electron machines. But, as Touschek says[10]: « ... the uncouth mob shouts, and one understands little, here instead, we are dealing with particles that speak civilly ».

The National Laboratories at Frascati had been built for experiments with electrons and thus were suited for facing a more demanding step: the storage ring Adone, with its 1500 MeV per beam, whose fascinating results I cannot even briefly describe (I hope someone else will give it full coverage). Adone was a 'national' choice, made by the community of physicists gathered at the INFN (National Institute of Nuclear Physics).

I do not want to declare the merits of this choice here. Today, with the construction of the Petra ring in Hamburg, we have achieved dimensions that no one would have imagined at the time of AdA, just as a peasant who looks at his fields through his farm window cannot foresee the construction of a city whose building has just begun. We are a little sad that the human aspects of the AdA project have been forgotten; at that time everything had to be created and each of us had a role that would be difficult to find in today's megalaboratories. And it is difficult to reproduce the climate described by Touschek himself: « We had stored 80 electrons (or positrons) [we have never known which, and it has never been clarified despite the interminable and conflicting discussions on the signs]. We left Peppino Di Giugno to do the decay curve — he was the youngest member of our group. At seven the next morning I received the following telephone call: 'There are 18 more, can I kill them off?' It is easy to imagine what I replied ». It was the experimental proof of the mean lives of many hours (5, in that case!). Crucial evidence.

There only remain fleeting traces of so many little things. Professor Dee of Glasgow found it hard to believe that we had shown him the light of a single circulating electron, a little bluish spot through the porthole on which the photomultiplier was mounted. We had to perform all the necessary cal-

culations for him, naturally, at the dinner table, during meals.
When we went to France, the trips from Orsay to Rome consumed all our weekends, to the disappointment of our families. We would depart loaded with instruments and had no end of problems with customs. The laboratory in Orsay was not as fine as it is now, and during thaws we had to wade in mud around the huts. But our French colleagues had formidable technical services, especially in mechanics. Thus we often managed to carry out things that were virtually impossible, such as restoring the transparency of a large lead Čerenkov that had become blackened by radiation; this was done by means of slow baking in an oven watched over for days. We were untidy and noisy but it was a sign of our enthusiasm and it helped us pass the days away from home, even holidays (on December 23, 1963 the group permitted itself a dinner at the Deux Dragons, a Chinese restaurant in Paris, where we left calculations and diagrams on the paper table cloths). We were also naive enough not to think that the work done and the results obtained would need to be « administered » by means of careful propaganda, following academic tradition. Yet the Frascati Laboratories were about to open a new path of great scientific interest that would also be economically plausible compared with the big international projects.

I hope that these memories, albeit late, will serve to recall a forgotten chapter, not just to justify its priority, since on this there is no doubt, but to stress, using a particularly instructive example, the importance of the relationship between objects and ideas that in big science is often lost because of a market that has conditioned us, a market that influences choices through its offers of already refined instruments, to the point of overwhelming an innovative scientific project that might require too much originality. Great moral strength is needed to carry to completion a project that goes against the tide, a project that cannot make clear headway until *after* it has achieved its results. We are all indebted to Bruno Touschek for the moral strength he had in finding the way to « The Italian path to high energy physics » and I feel I must say so publicly.

G. B.

Translation: F. Segrè Walsby - Gwynedd (Wales)

BIBLIOGRAPHY

1 C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Ghigo, B. Touschek, *Nuovo Cimento 18*, 1293 (1960).
2 D. W. Kerst et al., *Phys. Review 102*, 590 (1956).
3 G. I. Budker et al., *Inf. Conf. on High Energy Accelerators*, Dubna, 1963.
4 G. I. Budker, *Sov. Phys. Uspekhi 9*, 534 (1966).
5 G. K. O'Neill, *Phys. Rev. 102*, 1418 (1956).
6 S. J. Brodsky, T. Kinoshita, H. Terazawa, *Phys. Rev. Letters 25*, 972 (1970).
7 J. Haissinski, *Thèse*, Orsay Série A, n. 81 (1965).
8 C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Di Giugno, G. Ghigo, J. Haissinski, P. Marin, R. Querzoli, B. Touschek, *Phys. Rev. Letters 10*, 407 (1963).
9 C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Di Giugno, J. Haissinski, P. Marin, R. Querzoli, B. Touschek, *Nuovo Cimento 34*, 1473 (1964).
10 B. Touschek, *Accademia Naz. Lincei*, n. 33 (1977) (Centro Linceo Interdisciplinare).

Che cos'è un oggetto fisico?

GIULIANO TORALDO DI FRANCIA
Università di Firenze

I COSE

Spesso ci si riferisce al mondo fisico con il termine 'cose'. Termini alternativi come 'mondo esterno', 'natura', 'materia', 'realtà' appartengono, a quanto pare, al linguaggio dotto della filosofia, in gran parte sconosciuto ai bambini, alle persone senza istruzione e, in un certo senso, anche a molti studiosi antichi. Si pensi ad esempio al *De rerum natura* di Lucrezio; egli parla della natura delle *cose* e non, come accadrebbe probabilmente a uno scrittore moderno, della natura del *mondo*.
Le *cose* sembrano essere delle entità ben determinate, autosufficienti e *unitarie*, che esistono e posseggono un'individualità del tutto indipendente da qualsiasi osservatore umano (o animale). Si noti che, in questo contesto, non ci riferiamo semplicemente al *realismo*, in contrapposizione, diciamo, all'*idealismo*. Ciò che si sottolinea non è l'esistenza della *sostanza* (o della *materia*) delle cose; si afferma invece implicitamente che una cosa è un'*unità*, le varie parti della quale stanno insieme *per se*, o secondo natura.

Da dove viene la nostra convinzione sull'unità intrinseca di una *cosa*? Perché siamo propensi ad ammettere che tutte le differenti parti di una cosa stanno necessariamente insieme? Una semplice risposta potrebbe essere che quando parliamo di cose, ci riferiamo istintivamente a oggetti *solidi*, le cui parti stanno insieme per coesione. Se ciò fosse sempre vero, la proprietà dello *stare insieme* andrebbe attribuita a una causa naturale che si trova *dentro* le cose. Comunque quest'opinione non è sempre difendibile. Basta solo pensare a una nube o a un mucchio di sabbia, per rendersi conto che non c'è bisogno che le diverse parti di ciò che concepiamo come una cosa fisica siano tenute insieme da forze apprezzabili. Per contrapposto, due foglie dello stesso albero o due raggi della stessa ruota possono essere pensati come due cose diverse, nonostante le forze che le tengono insieme. Per questi motivi sembra probabile che alla coesione non possa competere che un ruolo limitato nell'origine del concetto di 'cosa' nella mente del bambino o dell'uomo primitivo.
È invece molto più probabile che quel concetto possa essere strettamente connesso con la visione *animistica* del mondo, tipica dei bambini e dei

primitivi. Ci basti ricordare quante volte i bambini si vendicano di una cosa che ha fatto loro male, percuotendola con ira.
Da questo punto di vista la cosa è pensata come fosse un *soggetto*, la cui unità è garantita dalla sua stessa natura, come avviene per la nostra unità, che è resa evidente al di là di ogni dubbio dalla nostra esperienza interiore. Le cose sono come le persone e la loro esistenza in quanto *individui* non si presta ad ulteriore analisi.

Col progredire della civiltà, questa visione delle cose come soggetti è gradualmente venuta meno, specialmente tra gli adulti istruiti, anche se è possibile trovarne abbondanti tracce nella poesia. Questo processo ha portato infine a un completo rovesciamento del quadro concettuale e alla nozione secondo cui le cose sono *oggetti* e non soggetti. La loro unità individuale ha quindi un'origine diversa.
A titolo di esempio riflettiamo sul fatto che oggi il termine '*unità*' è largamente usato in contesti tecnici. Ad esempio ci si riferisce spesso a un elemento dell'attrezzatura di un laboratorio come a una unità. È chiaro che in questo caso il significato del termine non è quello ingenuo; al contrario, il termine stesso sembra accennare a un'unità funzionale, che non risiede certamente *in re*, ma presuppone un giudizio emesso da un osservatore. Ciò che è funzionale e ciò che non lo è dipende dalla scelta della *funzione* o del compito a cui si suppone sia adibita la cosa stessa. Ma questo dipende dalla finalità umana e ben difficilmente può essere attribuito alla cosa.
Procedendo sulla via della dissoluzione della nozione dell'individualità *intrinseca* delle cose, siamo portati a scoprire in quale misura esse siano arbitrarie e convenzionali. Oggi siamo perfettamente consapevoli che la *gamba* di un tavolo è a buon diritto una cosa, esattamente come lo è l'*intero* tavolo; e ancora, il *piede* della gamba è una cosa proprio come la gamba; una piccola parte del piede è una cosa e così via. Tutto dipende da ciò che noi vogliamo chiamare *cosa*.

II OGGETTI

Naturalmente, numerosi pensatori dell'antichità devono essere stati consapevoli dei semplici fatti che abbiamo sopra ricordato. Tuttavia pare che il termine '*objectum*' e il concetto corrispondente siano sorti solo nel Medio Evo, quando si incominciò a rivolgere un crescente interesse alla distinzione e alla relazione tra soggetto e oggetto. Da allora si parla di oggetti e, come caso particolare, di *oggetti fisici*.
Una volta riconosciuto che non è il mondo che di per se stesso è fatto di oggetti ma che *noi* dividiamo il mondo in oggetti, diventa molto interessante esaminare *come* effettuiamo questa divisione. Qui, proprio all'inizio, ci si affaccia una curiosa difficoltà. Quando parliamo, parliamo di oggetti; il nostro linguaggio e il nostro pensiero possono procedere solo

quando già dominiamo il concetto di oggetto. Questa è la ragione per cui le definizioni di 'oggetto' date nei dizionari e in filosofia sono inevitabilmente circolari. Ad esempio, nel dizionario inglese del Webster, alla voce *oggetto*, leggiamo: « una cosa che si può portare alla presenza dei sensi, una cosa osservata, una cosa materiale, ecc. ». Si è così spinti a guardare alla voce *cosa*, e si trova: « un oggetto inanimato, ecc. ». La circolarità è evidente.

Si può far notare comunque che un dizionario è presumibilmente circolare e, in un certo senso, è persino forzato ad esserlo. Prendiamo quindi in esame un testo più filosofico. Nei suoi *Fondamenti della teoria logica della conoscenza scientifica*, A. A. Zinov'ev scrive: « Useremo la parola 'oggetto' nel suo senso più ampio; un oggetto è qualsiasi cosa che possa essere percepita, rappresentata, nominata, ecc.; cioè, proprio qualsiasi cosa »[1]. Quel « qualsiasi cosa » ci pone ancora una volta di fronte al termine 'cosa', cioè a un circolo vizioso.

Sulla base di questi e di altri innumerevoli esempi che si potrebbero fornire, mi sembra inevitabile giungere alla conclusione che quell'attività peculiare della mente che decompone il mondo in *oggetti* (un'attività che altrove ho chiamata *oggettuazione*) è un'attività primitiva e non analizzabile. Essa è un prerequisito di ogni forma significativa di discorso parlato e di pensiero, per cui ogni tentativo di spiegarla in parole è destinato a fallire, a meno che non si sia disposti ad accettare una buona dose di circolarità.

A mio parere, l'oggettuazione è strettamente connessa con la facoltà della mente di distinguere *questo* e l'*altro*. *Questo* ha un'unità intrinseca e l'*altro* ha un'unità intrinseca che nega *questo*. L'*altro* è semplicemente il *non-questo*.

Sotto questo aspetto, l'oggettuazione è anche strettamente connessa alla nozione elementare di numero ordinale e all'attività del contare.

Uno è il termine usato per l'atto iniziale e fondamentale di oggettuazione. Possiamo ricordare a questo proposito l'affermazione di Plotino secondo cui: « Separati dall'*uno*, gli esseri cessano di esistere. L'esercito, il coro, il gregge non esisterebbero se essi non fossero *un* esercito, *un* coro, *un* gregge ». Questa stessa visione, con differenze solo marginali, è stata fatta propria anche da altri filosofi.

Quando arriviamo al *due*, riconosciamo l'esistenza del non-uno; quando arriviamo al tre, riconosciamo l'esistenza del non-uno-né-due, e così via. Naturalmente questa non è che una descrizione e non vogliamo pretendere di aver spiegato che cosa *è* un numero. L'oggettuazione viene prima. Persino in un'assiomatizzazione alla Peano bisogna prima essere in grado di distinguere i differenti simboli come differenti oggetti.

All'inizio del nostro secolo, quando la gente era ancora incerta sull'esistenza reale degli atomi e delle molecole, Poincaré una volta rilevò che gli atomi esistono perché è possibile contarli. Nel quadro di ciò che abbiamo

discusso, l'osservazione di Poincaré può significare che se gli atomi possono essere contati, *quest'*atomo potrebbe essere separato mentalmente da quell'*altro* atomo e potrebbe quindi legittimamente rappresentare un oggetto.

III OGGETTI FISICI

Se accettiamo il punto di vista secondo cui l'oggettuazione è una funzione primitiva e non analizzabile della mente, può sorgere la tentazione di saltare alla conclusione che abbiamo risolto il nostro problema originario, sia pure in modo negativo. Ma le cose non stanno così poiché, come si può facilmente notare, l'oggettuazione non riguarda solo gli oggetti fisici. Anche un numero, una qualità, una credenza possono essere *oggetti* del nostro pensiero. Che cos'è allora un *oggetto fisico*?

Si può affrontare il problema muovendo da diversi punti di vista. Uno molto interessante, illustrato soprattutto dalle teorie dello sviluppo delle facoltà conoscitive, è quello psicologico. Molto illuminanti risultano, ad esempio, le ricerche di Piaget sull'origine della nozione di *permanenza* o *conservazione* dell'oggetto nel bambino. Dice Piaget, in *La psychologie de l'intelligence*: « La conservazione dell'oggetto è dunque il risultato della coordinazione degli schemi realizzati dall'intelligenza sensorio-motoria, il cui lavoro preparatorio si compie nella continuazione dei movimenti abituali. L'oggetto consiste da prima in un prolungamento delle coordinazioni proprie all'abitudine ed è infine costruito dall'intelligenza, di cui costituisce l'invariante primitiva »[2]. È interessante, per inciso, notare come Piaget sostenga che la nascita del concetto di numero sia legata allo schema della conservazione dell'oggetto. Egli (con A. Szeminska) scrive, in *La genèse du nombre chez l'enfant*, che: « le nozioni aritmetiche si dispongono progressivamente proprio in funzione di quei requisiti di conservazione »[3].

Comunque noi ci accontenteremo di questo breve accenno alla psicogenesi e affronteremo il problema da un punto di vista più familiare ai filosofi della scienza. Un'opinione ben nota sugli oggetti fisici è quella espressa da B. Russell in *Our Knowledge of the External World*: « Possiamo ora definire la 'cosa' momentanea del senso comune in opposizione alle sue apparenze transitorie. A causa della somiglianza di prospettive vicine, molti oggetti in una prospettiva possono essere correlati con gli oggetti che sono nell'altra, cioè con oggetti simili. Dato un oggetto in una prospettiva, formiamo il sistema di tutti gli altri oggetti correlati con esso in tutte le prospettive; quel sistema si può identificare con la 'cosa' momentanea del senso comune. Così un aspetto di una 'cosa' è un membro del sistema di aspetti, che *è* la 'cosa' in quel momento »[4].

Si noti, di passaggio, che ciò che Russell chiama qui « oggetto » è il risultato di un atto elementare di oggettuazione, di quel processo mentale che

isola una parte ben determinata della scena visuale da prendere in speciale considerazione. Ciò che Russell chiama « cosa » è invece ciò che anche noi abbiamo chiamato 'cosa' o, equivalentemente, 'oggetto fisico'. Per evitare qualsiasi confusione bisogna ricorrere a una idonea terminologia, e non è un compito facile trovarne una soddisfacente. Nel seguito chiameremo 'aspetto' il risultato di un atto elementare di oggettuazione e 'oggetto fisico' la *cosa*.

La nozione di « somiglianza » usata da Russell va bene finché parliamo in termini di senso comune, ma essa non si presta ad una trattazione rigorosa. Facciamo meglio invece a chiederci che cosa hanno in comune tutti i differenti aspetti o le differenti prospettive nelle quali si può vedere una cosa materiale. Perché si trova che tutti questi differenti aspetti stanno insieme, in modo da dare un significato ragionevole al processo di astrazione descritto da Russell? Perché non sentirsi autorizzati a porre in una stessa classe le differenti prospettive di oggetti fisici *differenti*? La risposta va chiaramente ricercata in una proprietà d'*invarianza* presente in tutti gli aspetti di un oggetto fisico. Se prendiamo arbitrariamente uno di questi aspetti come *fondamentale*, riconosciamo che, partendo da uno qualunque degli altri aspetti, possiamo eseguire una successione di operazioni che alla fine ci riportano all'aspetto fondamentale. Le operazioni della successione sono ovviamente quelle che nel linguaggio ordinario si descrivono come *muovere* l'oggetto fisico, o il nostro corpo o entrambi; il loro risultato è chiamato di solito una *rototraslazione* dell'oggetto relativamente all'osservatore.

Il mondo reale ci mostra un insieme di scene visive, entro le quali possiamo distinguere un insieme di aspetti. Per semplicità parleremo di scene visive statiche.

La relazione vigente tra due differenti aspetti che si possono derivare l'uno dall'altro per rototraslazione è chiaramente riflessiva, simmetrica e transitiva e determina un insieme Ω di classi d'equivalenza nell'insieme di tutti gli aspetti che possiamo isolare nel mondo visivo. Potremmo così arrivare alla seguente definizione di oggetto fisico: *Un oggetto fisico è una classe* $\omega_i \in \Omega$.

Ma non appena fatto ciò, non possiamo non essere colpiti dal mostruoso privilegio che abbiamo accordato al senso della vista. Ciò è assolutamente ingiustificato, com'è rivelato, ad es., dalla semplice domanda: le persone cieche hanno il concetto di oggetto fisico? Siamo così facilmente condotti a una necessaria generalizzazione. Russell stesso dice: « Ora la fisica ha ritenuto possibile empiricamente raccogliere i dati di senso in serie, e ciascuna serie è considerata appartenere da una 'cosa' e si comporta, riguardo alle leggi della fisica, in modo che le serie non appartenenti ad una cosa in generale non funzionerebbero. Se è dubbio che due apparenze appartengano o no alla stessa, ci deve essere soltanto un modo di raggruppare le apparenze, in maniera cioè che le cose obbediscano alle leggi della fisica. Sarebbe molto difficile provare che le cose stanno

proprio così, ma per i nostri propositi presenti possiamo lasciar passare questo punto ed affermare che c'è un solo modo. Nella nostra definizione di 'cosa' dobbiamo includere quegli aspetti, se ce ne sono, che non sono osservati. Così possiamo dare la seguente definizione: *Le cose sono quelle serie di aspetti che obbediscono alle leggi della fisica.* Che queste serie esistano è un fatto empirico, il quale costituisce la verificabilità della fisica ».

Notiamo ora che il fatto che due differenti aspetti visivi di una cosa materiale possano essere convertibili l'uno nell'altro con operazioni di rototraslazione è di per sé una legge della fisica. Quindi la definizione precedente è un caso particolare di questa seconda e più generale definizione. Ma, non appena vogliamo renderla più precisa, la seconda definizione di Russell ci porta in un mare di guai. Per cominciare, alcune difficoltà vengono dal termine 'legge fisica'. Si supponga che siamo tutti d'accordo sul significato di questo termine (il che è di per sé un'assunzione ardita): Russell si riferisce a *tutte* le leggi o a una parte di esse? Ancora, si riferisce a tutte le leggi fisiche note oggi o anche a tutte le leggi fisiche che saranno note in qualsiasi lontano futuro? Dato che non si può certo sostenere la seconda alternativa poiché dovremmo aspettare per un tempo infinito prima di sapere che cos'è un oggetto fisico, ciò che necessariamente ci resta è una definizione intrinsecamente *storica* di oggetto fisico. Ad esempio, una particella che ruoti attorno a un'altra particella a una distanza di 10^{-8} cm, comportandosi secondo la meccanica classica, sarebbe stata un oggetto fisico nel XIX secolo, mentre non lo è più oggi. Naturalmente si potrebbe rispondere che gli oggetti reali obbediscono *sempre* alle leggi fisiche; quindi nessuno, nemmeno nel XIX secolo, potrebbe avere incontrato una tale particella. D'accordo, ma questa osservazione mostra semplicemente che la definzione rischia di diventare una semplice tautologia. Essa può interpretarsi come se dicesse più o meno che le cose che obbediscono alle leggi fisiche, obbediscono alle leggi fisiche.

Ho esposto queste critiche perché penso che la definizione di Russell non possa essere accettata alla lettera. Tuttavia sono certo che, quando fu formulata per la prima volta nel 1914, essa dimostrò una profonda penetrazione e si avvicinò di molto al dare la *giusta direzione*, come hanno dimostrato i successivi sviluppi della fisica. È specialmente nel dominio della microfisica che viene meno la nozione di senso comune di oggetto fisico. In quel campo i fisici hanno preso a basarsi sempre più su entità astratte, come simmetrie o invarianti, piuttosto che sugli oggetti del senso comune. Pare che, in una certa misura, gli invarianti abbiano preso il posto del vecchio concetto di *sostanza*. La fisica moderna è in buona misura una ricerca di invarianti.

In conseguenza di ciò si potrebbe tentare di dare dell'approccio russelliano una versione più accettabile, appoggiandosi al concetto di invariante. Ad esempio, si potrebbe chiamare qualsiasi serie di esperienze un 'aspetto'

del mondo fisico e considerare l'insieme di tutti i possibili aspetti. Un invariante determina chiaramente un insieme Ω di classi d'equivalenza degli aspetti. Allora, come si è fatto nel caso di oggetti puramente visivi, si potrebbe chiamare 'oggetto fisico' una classe $\omega_1 \in \Omega$.
Questo modo di procedere sembra attraente ma, sfortunatamente, non può reggere a una critica elementare. Una seria difficoltà, tanto per ricordarne una, sorge quando vogliamo decidere se due differenti classi d'equivalenza degli aspetti, ω_i e ω_j, corrispondono allo stesso oggetto. Si consideri, ad esempio, una pietra. La classe dei suoi aspetti visivi ha, come si è già notato, un'invariante e la classe dei suoi aspetti meccanici ha un certo numero di differenti invarianti. Come sappiamo che ci sta di fronte uno stesso oggetto? Naturalmente si potrebbe rispondere che noi stiamo facendo esperimenti con la stessa pietra! Ma questa è chiaramente una *petitio principii*.
Molte difficoltà sorgono anche dal fatto che la nostra nozione intuitiva di oggetto fisico si fonda largamente sulla meccanica classica, che oggi sappiamo non essere valida in assoluto. Potremmo considerare la successione di aspetti che consiste nel misurare la posizione e il momento della particella, così come il potenziale del campo in tempi diversi. Questi aspetti hanno in comune l'invariante x_i che rappresenta la posizione della particella al tempo $t = 0$; essi appartengono a una classe d'equivalenza ω_i, presa dall'intero insieme di tutti i possibili aspetti. Quindi, potremmo prendere ω_i come definizione dell'oggetto. Un oggetto macroscopico potrebbe allora essere definito come l'insieme delle sue particelle. Nella meccanica classica, una particella ha una ben determinata linea d'universo che non si interseca mai con un'altra linea d'universo e un oggetto macroscopico ha un tubo d'universo. Ciò permette di comprendere un tentativo, recentemente fatto da Quine, di definire un oggetto fisico come un insieme di punti nello spazio-tempo[5].
Ma sfortunatamente la meccanica classica non vale per i corpi microscopici. Ogni misurazione disturba le particelle; inoltre quando due particelle uguali si incontrano non c'è modo dopo di dire qual è l'una e qual è l'altra. La situazione sembra disperata.

In conclusione, mi sembra che la nozione di oggetto fisico non possa essere resa formale e precisa e che essa resti di conseguenza *storica* e *convenzionale*. Essa rappresenta probabilmente un nostro istintivo tentativo di mantenere in ogni contesto una nozione che era valida solo nella meccanica classica.
Oggi, è meglio sostituire all'affermazione « vi sono oggetti fisici », l'affermazione « nel mondo fisico vi sono invarianti ».

IV L'EVOLUZIONE STORICA DEGLI OGGETTI FISICI

Come conseguenza della nostra discussione precedente, rinunceremo al tentativo di fornire una definizione rigorosa e formale di oggetto fisico.

Accetteremo invece l'opinione secondo cui il nucleo essenziale della nozione di oggetto fisico, anche di quella che sopravvive oggi, è in buona parte una *nozione di senso comune.*
Com'è ben noto, sarebbe stolto per uno scienziato scartare tutte le nozioni di senso comune. Alcune di esse sono indispensabili anche quando parliamo di un argomento scientifico. Ma il modo giusto di analizzare quelle nozioni, che per loro natura non si prestano ad una discussione rigorosa, è di ripercorrere la loro evoluzione storica e di determinare il ruolo che hanno avuto nei diversi periodi culturali.
L'evoluzione del concetto di oggetto fisico è molto curiosa. All'inizio della rivoluzione scientifica, gli scienziati pensavano quasi esclusivamente in termini di oggetti fisici e del loro comportamento. Galileo parlava di « corpi » o « cose ». I corpi costituivano la materia grezza della fisica e il compito della scienza era quello di scoprire il loro comportamento. Oggi la situazione è cambiata. Ad esempio, noi descriviamo la relatività elementare dicendo che i *fenomeni* fisici sono invarianti rispetto a una traslazione uniforme. Ma Galileo parlava di palle, gocce d'acqua, insetti volanti e così via. Uno dei suoi grandi risultati fu di trasformare il cielo in un insieme di corpi; corpi della stessa natura di quelli che noi conosciamo sulla terra. Keplero descrisse il moto di questi corpi. Ancora, in un contesto diverso, Galileo trattò delle *cose* che galleggiano sulla superficie dell'acqua o che si muovono dentro l'acqua, piuttosto che di ciò che noi chiameremmo le leggi generali dell'idrostatica e dell'idrodinamica.

Il merito di aver messo in crisi per primo il vecchio concetto di corpo fisico e di aver dato il via alla sua trasformazione spetta forse all'allievo di Galileo, E. Torricelli. Da un lato, egli trasformò l'*aria* in un corpo fisico, ma dall'altro egli e B. Pascal mostrarono che la metodologia sperimentale e concettuale per studiare questo corpo era sostanzialmente nuova. La *pressione* incominciava a sostituirsi al *peso* e stava nascendo la meccanica dei mezzi continui. Queste, oltre ad altre ragioni, furono responsabili della progressiva perdita d'interesse per i *corpi* da parte del fisico.
Al rapido e rigoglioso sviluppo della meccanica del continuo, dovuto in gran parte ai matematici del XIX secolo, seguì la nascita del concetto onnipresente di campo, dovuto soprattutto a Faraday e Maxwell. Questi sviluppi convinsero gradualmente i fisici che aveva ben poca importanza, se mai ne aveva, il tipo di *corpi* che l'osservatore era in grado di distinguere in una certa regione dello spazio. Ciò che contava erano le *distribuzioni* di densità, sforzi, deformazione, carica, intensità di campo e così via, definite come funzioni dei punti nella regione che interessava. In questo modo, gli *oggetti* della fisica diventano *regioni dello spazio, per le quali sono assegnate condizioni iniziali e al contorno.* Il compito *sperimentale* dell'osservatore è di determinare queste condizioni il più precisamente possibile, mentre il suo compito *teorico* è di dedurre dalla conoscenza di quelle condizioni il tipo di evoluzione delle distribuzioni in tempi succes-

sivi. La teoria della conduzione del calore, elaborata da Fourier, divenne in un certo senso il paradigma della fisica.
La ragione principale di questo sviluppo sta, a mio modo di vedere, nel fatto che si riconobbe che i corpi fisici erano *contingenti*. Le loro forme, masse, cariche, ecc. potevano essere prescritte a piacimento. La seconda legge della dinamica richiedeva $f = ma$, ma nessuna legge prescriveva il valore di m; la legge di Coulomb richiedeva $f = q_1 q_2/r^2$ ma nessuna legge prescriveva i valori di q_1 o q_2, e così via. Gli oggetti non erano conformi a leggi o *nomologici*; la loro configurazione individuale non aveva nulla a che fare con le leggi. Si poteva immaginare o costruire qualsiasi oggetto di qualsiasi volume, forma, carica, ecc., senza violare nessuna legge di natura.

All'inizio di questo secolo si verificò una grande rivoluzione. A questo proposito si può notare un fatto interessante. Gli storici sono stati forse accecati dal fascino della relatività e della meccanica quantistica e sono di solito portati a descrivere queste teorie come *le* rivoluzioni dell'inizio del XX secolo. Tuttavia io credo che in quel periodo abbia avuto luogo uno sviluppo molto più importante; una emergenza che gli storici futuri porranno probabilmente in una prospettiva più adeguata. Si tratta della scoperta di oggetti *nomologici*. Gli oggetti nomologici hanno ben determinate masse, cariche, momenti angolari e così via. Alcuni di essi (fotoni e neutrini) hanno persino una ben determinata velocità. Gli oggetti nomologici sono prescritti da leggi fisiche o, forse, ogni loro classe rappresenta una legge fisica. Così, ad esempio, si può formulare la legge secondo cui una massa $m = 9{,}1 \cdot 10^{-28}\ g$ deve sempre essere accompagnata da una carica elettrica $e = \pm 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ *e.s.u.*, da uno *spin* $\hbar/2$ e così via.
Com'è ben noto la lista delle proprietà quantiche, che può avere un oggetto nomologico, è alquanto diversa da quella di un oggetto ordinario. Da un lato, vi sono nuove proprietà (quali la parità intrinseca, l'ipercarica, la stranezza, ecc.) che non hanno senso per un oggetto ordinario mentre, dall'altro, spariscono proprietà come la temperatura e l'elasticità.
Ma allorché iniziamo a costruire il mondo fisico in termini di oggetti nomologici, siamo portati a renderci conto di un fatto molto notevole. La *conformità a leggi* è una proprietà che ha diversi *gradi*. Tutti gli oggetti della fisica sono più o meno nomologici.

Iniziamo con l'ammettere (ciò che non è del tutto corretto) che le particelle elementari siano rigorosamente nomologiche e costruiamo un atomo. È questo un oggetto nomologico? In un certo senso, sì. Si pensa correntemente che due atomi di un dato isotopo del ferro siano identici. Ma, in generale, essi non lo sono. Sia il nucleo sia la nube elettronica possono essere eccitati in un gran numero di modi diversi, per cui i due atomi sono diversi l'uno dall'altro. Questo fatto diventa sempre più notevole mano a mano che passiamo dagli atomi alle molecole, alle macromolecole e alle molecole biologiche. Due di tali macrosistemi possono avere lo stesso nome ed essere tuttavia molto diversi l'uno dall'altro. È chiaro

che essi hanno lo stesso nome perché hanno una qualche proprietà comune e questa proprietà comune è, in qualche modo, prescritta dalle leggi della fisica. Ma queste leggi non prescrivono *tutto*.
Se iniziamo a pensare in questo modo, ci rendiamo conto che le stesse considerazioni valgono anche per corpi molto più grandi; anche per corpi cosmici. Perché tutte le stelle si chiamano *stelle*? Perché hanno parecchie proprietà in comune. Ma oggi sappiamo che esse hanno in comune quelle proprietà in virtù delle leggi della fisica. Possiamo persino predire in buona parte quelle proprietà. Sappiamo, ad esempio, che una stella con una massa pari a dieci volte quella del sole deve comportarsi in un certo modo. Perciò le stelle risultano essere in un certo grado oggetti nomologici, anche se non lo sono rigorosamente. Lo stesso si può dire dei pianeti, delle comete, delle galassie e così via.
Due anni fa scrissi in *L'indagine del mondo fisico* che anche Saturno, con la sua proprietà apparentemente unica di essere circondato da un certo numero di anelli, è in qualche misura un oggetto nomologico e che potrebbero esistere altri pianeti con anelli[6]. Oggi sappiamo che anche Urano ha anelli!
Ma la conformità a leggi ci porta molto, molto più lontano. Siamo ora così arditi da usare la nostra conoscenza delle leggi della fisica per immaginare o costruire *nuove classi* di oggetti, persino molto prima di scoprire la loro effettiva esistenza. Gli esempi sono ovvi: antiparticelle, neutrini, stelle di neutroni, buchi neri,... Come abbiamo già rilevato, Russell ha indicato la direzione giusta. *In un certo modo*, gli oggetti fisici sono oggi *nodi di proprietà*, prescritte dalle leggi fisiche.

V PROBLEMI PER IL FUTURO

Si potrebbe forse essere portati a concludere, da questa breve rassegna storica, che il concetto di oggetto fisico è oggi più vivo che mai. Giacché, mentre i nostri antenati pensavano in termini di distribuzioni continue di proprietà nello spazio fisico, oggi noi abbiamo sempre a che fare con atomi, molecole, elettroni, protoni e così via. Evidentemente abbiamo *recuperato* gli oggetti fisici. In un certo senso la loro legittimità è oggi garantita anche meglio di quella degli oggetti dei vecchi tempi, dato che la struttura di quelli odierni è garantita dalle leggi fisiche invece di essere lasciata alla scelta arbitraria dell'osservatore.
Si noti anche che sembra che in fisica si siano recuperati i *numeri interi*, dato che una massa può essere espressa, per esempio, come un multiplo della massa di un elettrone; una carica elettrica come un multiplo di e; un momento angolare come un multiplo di $\hbar/2$ e così via. Persino i volumi nello spazio delle fasi possono essere espressi come multipli di una cella elementare, grazie al principio d'indeterminazione. In linea di principio dunque si può ridurre la *misurazione* al *contare*.
Di che altro abbiamo bisogno per concludere che il mondo è fatto di oggetti

discreti e ben determinati? A quanto pare una disputa filosofica molto vecchia è stata risolta per sempre dall'evidenza fisica.

Tuttavia la situazione non è così semplice. In primo luogo, tutti sanno che i *campi*, cioè le distribuzioni continue di proprietà, non sono affatto sparite dalla fisica. La teoria dei campi è ancora uno strumento estremamente importante, anche quando si voglia occuparsi di particelle, ed è quanto meno dubbio che si possa farne a meno nel prossimo futuro.
Inoltre, si consideri più criticamente l'affermazione che noi possiamo *contare* le particelle che compongono un dato sistema. Per contare ogni particella dobbiamo sottoporla a un'interazione. Ma, com'è ben noto, il risultato di un'interazione è solo probabilistico. Di conseguenza, se abbiamo parecchi sistemi identici, il risultato del conteggio sarà differente per ciascuno di essi. La media non sarà in generale un numero intero!

Ma c'è qualcosa di più serio. Le particelle si creano e spariscono in continuazione. Per periodi brevissimi il numero delle particelle che costituiscono il sistema può essere alquanto diverso dalla media o da quello che ci si aspetterebbe in base all'informazione disponibile. In questa situazione, qual è il significato preciso dell'operazione del conteggio di particelle? Quanta fiducia possiamo riporre in quell'operazione, in quanto operazione che ci dà informazioni sugli oggetti fisici?
In effetti, il mare sconfinato delle particelle virtuali, che stanno attualmente affollando lo spazio fisico, dà luogo a domande imbarazzanti. Una particella virtuale è un oggetto fisico? Possiamo essere tentati di rispondere *no*. Ma la sicurezza di questa risposta diventa molto dubbia se si pensa che, alle volte, una quantità estremamente piccola di energia può trasformare una particella virtuale in una reale e viceversa.
Inoltre le particelle virtuali svolgono un ruolo essenziale nei processi elementari; sarebbe sbagliato pensare che ogni cosa succeda come se esse non ci fossero. Le particelle virtuali formano un'infinità *numerabile* nel senso che possono essere contate con i diagrammi di Feynman. Dobbiamo quindi concludere che una particella virtuale *è* un oggetto fisico? Forse sì, ma si tratta in ogni caso di un oggetto molto più confuso e sfuggevole di qualsiasi cosa che verrebbe facilmente inclusa nella nozione di oggetto fisico del senso comune.
Infine, c'è il problema dell'*individualità*. Possiamo distinguere *questo* e *quello*, in un sistema di due elettroni? Com'è ben noto, ciò non è possibile: particelle identiche sono indistinguibili. Qui, i numeri cardinali sembrano prendere il ruolo che avevamo precedentemente attribuito ai numeri ordinali. Un sistema di particelle identiche ha una *cardinalità*; ma non possiamo dire qual è la prima particella, la seconda e così via.

A conclusione di queste brevi osservazioni, vorrei sottolineare che oggi la situazione del concetto di oggetto fisico, anche se fossimo pronti a

rinunciare al massimo del rigore e ad accettare una certa dose di senso comune, è più complicata che nel passato. Ci troviamo di fronte a una quantità di nuove nozioni sul mondo fisico, che probabilmente necessitano ancora di essere assimilate e rese coerenti l'una con l'altra.

È anche bene mettere in rilievo che l'intera discussione non è puramente accademica e può avere conseguenze profonde su tutta la nostra attività teorica. Essa può riguardare persino i fondamenti della logica. Si pensi, ad esempio, che in qualsiasi teoria formale dobbiamo partire definendo l'*universo del discorso*, cioè l'insieme degli oggetti di cui vogliamo parlare. Affinché ciò abbia un senso, si deve poter ben determinare se un oggetto appartiene o no all'insieme (*estensione* dell'insieme); inoltre gli oggetti devono essere distinguibili l'uno dall'altro in modo da poter dire qual è l'uno e qual è l'altro. Questi requisiti possono forse essere soddisfatti da oggetti matematici (benché alcuni studiosi si oppongano a quest'idea). Ma che cosa succede nel caso in cui il nostro universo di discorso sia fatto di oggetti fisici? Come possiamo dire che si può sempre determinare se un dato elettrone appartiene o no al nostro sistema, e come possiamo dire di quale elettrone stiamo parlando? Se vogliamo concepire un sistema fisico come un insieme di oggetti, dobbiamo ricorrere anzitutto a un insieme *sfumato* o *fuzzy set* (si pensi alle particelle virtuali); ma, in tutta probabilità, dobbiamo rinunciare ad ogni tentativo di usare una definizione *estensionale* di insieme e ricorrere ad argomenti *intensionali*. Ma la logica intensionale non è ancora molto sviluppata ed incontra serie difficoltà. Resta perciò molto lavoro da fare in connessione con il concetto di oggetto fisico.

G. T. DI F.

BIBLIOGRAFIA

1 A. A. ZINOV'EV, *Foundations of the Logical Theory of Scientific Knowledge*, Reidel, Dordrecht, 1973, p. 8.

2 J. PIAGET, *La psychologie de l'intelligence*, Armand Colin, Paris, 1943, p. 133 (trad. it. *Psicologia dell'intelligenza*, Editrice Universitaria, Firenze, 1952, pp. 133-34).

3 J. PIAGET et A. SZEMINSKA, *La genèse du nombre chez l'enfant*, Delachaux et Nestlé, Paris, 1941, p. 4.

4 B. RUSSELL, *Our Knowledge of the External World*, Allen and Unvin, London, 1926, p. 96 e p. 115 (trad. it. *La conoscenza del mondo esterno*, Longanesi, Milano, 1966, pp.95-6 e p. 113).

5 W. V. QUINE, *Whither Physical Objects?*, in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, Reidel, Dordrecht, 1976.

6 G. TORALDO DI FRANCIA, *L'indagine del mondo fisico*, Einaudi, Torino, 1976, p. 484.

What is a Physical Object?

GIULIANO TORALDO DI FRANCIA
Università di Firenze

The physical world is often referred to with the term 'things'. Alternative terms, such as 'outer world', 'nature', 'matter', 'reality', seem to belong to a learned philosophical language, largely unknown to children, to uneducated people, and, in a sense, even to many scholars of antiquity. Think for instance of Lucretius' *De rerum natura*; he talks about the nature of *things*, and not about the nature of the *world*, as a modern writer would probably do.
Things appear to be well-determined, self-sufficient and *unitary* entities, existing and having individuality, quite independently of any human (or animal) observer. Note that, in this context, we are not merely referring to *realism*, as opposed, say, to *idealism*. It is not the existence of the *substance* (or of the *matter*) of things that is emphasized; it is instead implicitly claimed that a thing is a *unit*, of which the various parts belong together *per se*, or by nature.

Where does this convinction of ours about the intrinsic unity of a *thing* come from? Why are we inclined to assume that all the different parts of a thing *necessarily* belong together? A simple answer might be that when we talk about things, we instinctively refer to *solid* objects, whose parts stay together by cohesion. If this were always true, the property of *togetherness* should be attributed to a natural cause residing *in* the thing. However, this view is not always tenable. We have only to think of a cloud or a sandpile, to see that the different parts of what we conceive as a physical thing need not necessarily be held together by appreciable forces. By contrast, two leaves of the same tree, or two spokes of the same wheel can be thought of as two different things, in spite of the binding forces that hold them together. For these reasons, it seems probable that cohesion may play only a limited role in the origin of the concept of 'thing' in the mind of a child or of a primitive man.
It is instead much more probable that the concept may have been strictly connected with the *animistic* world view that is characteristic of children and of primitive people. We have only to recall how often children take revenge of a thing that has hurt them and beat it with feeling.
In this view, the thing is thought to be a *subject*, whose unity is guaranteed by its very nature, in much the same way as our own unity is guaranteed by nature, as is evidenced beyond any doubt by inner experience. Things are like people, and their existence as *individuals* does not lend itself to further analysis.

With the progress of civilization, this view of things as subjects has gradually faded away, especially among educated adults, though some remnants of it are still largely found in poetry. This trend has eventually led to a complete reversal of the conceptual framework, and to the notion that

things are *objects*, instead of subjects. Their individual unity has therefore a different origin.

By way of illustration, let us reflect that today the term '*unit*' is largely used in technical contexts. For instance a piece of laboratory equipment is often referred to as a unit. It is clear that, in this case, the meaning of the term is not the naive one; on the contrary, it seems to convey a hint at the *functional* unity, which is certainly not *in re*, but presupposes a judgment rendered by the observer. What is functional and what is not, depends on the choice of a *function* or a task that the thing is supposed to perform. But this depends on human finality and can hardly be ascribed to the thing.

On the way to dissolving the notion of the *intrinsic* individuality of things, we are led to discover to what large extent they are arbitrary and conventional. Today we are perfectly aware that the *leg* of the table is a thing in its own right, much in the same way as the *whole* table is a thing; again the *foot* of the leg is a thing, the same as the leg; a small part of the foot is a thing and so on. It all depends on just what we want to call thing.

OBJECTS - II

Of course, several scholars of antiquity must have been aware of the simple facts mentioned above. Nevertheless, the term '*objectum*' and the corresponding concept seem to have arisen only in the Middle Ages, when the distinction and the relation between subject and object began to attract an increasing interest. Since then, people talk of objects and, as a particular case, of *physical objects*.

Once we have recognised that it is not the world in itself to be made up of objects, but that *we* divide the world into objects, it becomes very interesting to examine *how* we accomplish this division. Here we encounter a curious difficulty, right at the outset. When we talk, we talk about objects; our language and our thought can proceed only when we master the concept of object. This is why all the definitions of 'object' given in the dictionaries and in philosophy are inevitably circular. For instance, in Webster's English dictionary we read at the entry *object*: « a thing capable of being presented to the sense, a thing observed, a material thing etc. ». One is then induced to look up the entry *thing*, and one finds: « an inanimate object, etc. ». Circularity is patent.

One can remark, however, that a dictionary is likely and, in a sense, is even bound to be circular. Let us then pass to consider a more philosophical text. In his *Foundations of the Logical Theory of Scientific Knowledge*, A. A. Zinov'ev writes: « We will use the word 'object' in its widest sense; an object is anything which can be perceived, represented, named, etc.; i.e. anything at all »[1]. That « anything » once more presents us with the term 'thing', i.e. with a vicious circle.

On the basis of these and of countless other examples that could be produced, it seems to me inevitable to arrive at the conclusion that that peculiar activity of the mind which decomposes the world into *objects* (an activity which I have termed elsewhere *objectuation*), is primitive and non-analysable. It is a prerequisite of any meaningful form of speech and thought, and consequently any attempt to explain it in words is hopeless, unless one is prepared to admit a conspicuous amount of circularity.

In my opinion, objectuation is strictly connected with, or consists of, the mind's ability to distinguish *this* and *other*. *This* has an intrinsic unity and *other* has an intrinsic unity which denies *this*. Other is simply *not-this*.

In this respect, objectuation is also strictly connected with the elementary notion of ordinal number and with the activity of counting.

One is the term used for the initial and fundamental act of objectuation. We can recall, in this connection, Plotinus' state-

ment that: « Separate from *one*, beings cease to exist. The army, the chorus, the herd would not exist if they were not *one* army, *one* chorus, *one* herd ». This same view has been taken also by other philosophers, with only marginal differences.
When we come to *two*, we recognise, the existence of not-one; when we come to three, we recognise the existence of not-one-nor-two, and so on. Of course, this is just a description, and let us not claim that we have explained what a number *is*. Objectuation comes first. Even in a Peano-like axiomatisation one must first be capable to distinguish the different symbols as different objects!

At the beginning of our century, when people were still uncertain whether atoms and molecules really existed, Poincaré once observed that atoms do exist, because they can be counted. In the framework of what we have been discussing, Poincaré's remark may mean that if atoms can be counted, *this* atom can be mentally separated from the *other* atom and therefore can legitimately represent an object.

PHYSICAL OBJECTS - III

If we accept the view that objectuation is a primitive and non-analysable function of the mind, we may be tempted to jump to the conclusion that we have solved our original problem, albeit in a negative fashion. But this is not so, because it is easily noticed that objectuation does not only concern physical objects. A number, a quality, a belief, can also be *objects* of our thought. What then is a *physical object*?
One can come to grips with the problem from different points of view. A very interesting one is that of the psychologist, as is exemplified mainly by the theories of cognitive development. For instance, J. Piaget's researches about the origin of the notion of *permanence* or *conservation* of the object in the child, are very illuminating. Says Piaget in *La psychologie de l'intelligence*: « The conservation of the object is therefore a result of the coordination of the schemes carried out by the sensorimotive intelligence whose preparatory work is completed by the continuation of habitual movements. The object consists first in a prolongation of the habitual coordinations and is eventually built by the intelligence, of which it represents the primitive invariant »[2]. Incidentally, it is of interest to note that Piaget maintains that the birth of the concept of number is tied to the scheme of the conservation of the object. He writes (with A. Szeminska) in *La genèse du nombre chez l'enfant* that: « the arithmetical notions order themselves progressively just as a function of those requirements of conservation »[3].

But we will content ourselves with this brief reference to psychogenesis, and tackle the problem from a point of view that is more familiar to philosophers of science. A well-known view about physical objects is that expressed by B. Russell in *Our Knowledge of the External World*: « We can now define the momentary common-sense 'thing' as opposed to its momentary appearances. By the similarity of neighboring perspectives, many objects in the one can be correlated with objects in the other, namely with similar objects. Given an object in one perspective, form the system of all the objects correlated with it in all the perspectives; that system may be identified with the momentary common-sense 'thing'. Thus an aspect of a 'thing' is a member of the system of aspects which is the 'thing' at that moment »[4].
Note, incidentally, that what Russell calls here an « object » is the result of an elementary act of objectuation, that mental process which isolates a well-determined part of the visual scene in order to submit it to special consideration. What Russell calls a « thing » is instead what we also called 'thing' or, equivalently, 'physical object'. To avoid any confusion, we need a suitable nomenclature, and it is not an easy task to find a satisfactory one. In the

sequel, we will call 'aspect' the result of an elementary act of objectuation and 'physical object' the *thing*.

The notion of 'similarity' used by Russell is all right as long as we talk in common-sense terms, but does not lend itself to an exact treatment. We have better instead to ask ourselves what is common to all the different aspects, or the different perspectives under which a material thing can be seen. Why are all these different aspects recognised to belong together, so as to give a reasonable sense to the abstraction process described by Russell? Why do we not feel authorised to put together in one and the same class the different perspectives of *different* physical objects?

The answer is clearly to be sought in an *invariant* property presented by all the aspects of a physical object. Taking arbitrarily one of these aspects as *fundamental*, we recognise that, if we start from any one of the other aspects, we can carry out a sequence of operations which eventually give us back the fundamental aspect. The operations of the sequence are obviously those that in ordinary language are described as *moving* the physical object, or our body, or both; their result is usually termed a *rototranslation* of the object relative to the observer.

The real world shows us a set of visual scenes, within which we can distinguish a set of aspects. We will refer, for simplicity, to static visual scenes.

The relation holding between two different aspects that can be derived from one another by rototranslation is clearly reflexive, symmetric and transitive and determines a set Ω of equivalence classes within the set of all aspects we can isolate in the visual world. We thus might arrive at the following definition of a physical object: *A physical object is a class* $\omega_i \subsetneq \Omega$.

But as soon as we do this, we must be struck by the monstruous privilege we have given to the sense of sight. This is absolutely unjustified, as is revealed, say, by the simple question: do blind people have the concept of physical object? We are thus readily led to a necessary generalisation. Russell himself says: « Now physics has found it empirically possible to collect sense-data into series, each series being regarded as belonging to one 'thing', and behaving, with regard to the laws of physics, in a way in which series not belonging to one thing would in general not behave. If it is to be unambiguous whether two appearances belong to the same thing or not, there must be only one way of grouping appearances so that the resulting things obey the laws of physics. It would be very difficult to prove that this is the case, but for our present purposes we may let this point pass, and assume that there is only one way. We must include in our definition of a 'thing' those of its aspects, if any, which are not observed. Thus we may lay down the following definition: *Things are those series of aspects which obey the laws of physics.* That such series exist is an empirical fact, which constitutes the verifiability of physics ».

Let us now note that the fact that two different visual aspects of a material thing can be converted into one another by rototranslational operations is a law of physics, in its own right. So the previous definition is a particular case of this second and more general one.

But Russell's second definition gets us into a lot of trouble, as soon as we want to make it more precise. To begin with, some difficulty comes from the term « physical law ». Suppose we all agree on the meaning of this term (which is in itself a daring assumption), the question then arises: does Russell refer to *all* the physical laws or to a part of them? Again, does he refer to all the physical laws known today, or also to all the physical laws that will be known in any distant future? Since the latter alternative is certainly untenable because we would have to wait an infinite time before knowing what a physical object is, we are necessarily left with an intrinsically *historical* definition of physical object. For

instance, a particle revolving around another particle 10^{-8} cm apart from it, and behaving in accord with classical mechanics, would have been a physical object in the 19th century, while it is no longer a physical object today. Of course, one could reply that real objects *always* obey the physical laws; hence nobody could have come across a similar particle, even in the 19th century. All right, but this remark simply shows that the definition risks to become a simple tautology. It can be interpreted as saying more or less that things which obey physical laws, obey physical laws.

I have set forth this criticism, because I believe that Russell's definition cannot be accepted literally. Yet I am sure that when it was first formulated in 1914, it represented a deep insight, and came very close to giving *the right direction*, as the subsequent developments in physics have shown. It is especially in the realm of microphysics that the common-sense notion of physical object breaks down. In that field, physicists have started to rely more and more on abstract entities, like symmetries and invariants, rather than on common-sense objects. Invariants seem to have taken to some extent the place of the old concept of *substance*. Modern physics is to a large extent the search for invariants.

As a consequence, one might attempt to give a more nearly acceptable version of the Russellian approach, leaning on the concept of invariant. For instance, one could call an 'aspect' of the physical world any series of experiences and consider the set of all possible aspects. An invariant clearly determines a set Ω of equivalence classes of aspects. A class $\omega_i \subset \Omega$ could then be called a 'physical object', as was done in the case of purely visual objects.

This procedure appears attractive, but unfortunately it cannot stand elementary criticism. A serious difficulty, just to mention one, arises when we want to decide whether two different equivalence classes ω_i, ω_j of aspects correspond to the same object. For instance, consider a stone. The class of its visual aspects has an invariant as was already noted, and the class of its mechanical aspects has a number of different invariants. How do we know that we are confronted with one and the same object? Of course, one might reply, we are doing experiments always with the same stone! But this is clearly a *petitio principii*.

Many difficulties probably originate also from the fact that our intuitive notion of a physical object rests largely on classical mechanics, which today we know not to be absolutely valid. Indeed, if the physical object were a classical particle, we could proceed in the following way. We could consider the sequence of aspects which consist in measuring the position and the momentum of the particle as well as the potential field, at different times. These aspects have in common the invariant x_i which represents the position of the particle at time $t = 0$ and therefore they belong to an equivalence class ω_i out of the entire set of all possible aspects. Hence, we might take ω_i as the definition of the object. A macroscopic object might then be defined as the ensemble of its particles. In classical mechanics, a particle has a well-determined world line which never intersects another world line and a macroscopic object has a world tube. This justifies a recent attempt made by Quine to define a physical object as a set of points of space-time[5].

But unfortunately, classical mechanics does not hold for microscopic bodies. Each measurement disturbs the particles; moreover, when two identical particles meet, there is no way to tell afterwards which is which. The situation seems desperate.

In conclusion, it seems to me that the definition of a physical object cannot be made formal and precise, and consequently remains largely *historical* and *conventional*. It probably represents our instinctive attempt to preserve in all contexts a notion which was valid only in classical mechanics. Today, the statement: « there are physical

objects » is best replaced by the statement: « there are invariants in the physical world ».

THE HISTORICAL EVOLUTION OF PHYSICAL OBJECTS - IV

As a consequence of our previous discussion, we will give up the attempt to produce a rigorous and formal definition of physical object. We will accept instead the view that the hard-core of the notion, even that which survives today, is largely a *common-sense notion*.

As is well known, it would be foolish for a scientist to discard all common-sense notions. Some of them are indispensable, even when talking about a scientific topic. But the right way to analyse such notions, which by their nature do not lend themselves to a strict and rigorous discussion, is to follow their historical evolution and to determine the role they have played in the different cultural periods.

The evolution of the concept of physical object is a very curious one. At the beginning of the scientific revolution, scientists were almost exclusively thinking in terms of physical objects and of their behavior. Galileo talked of « bodies » or « things ». Bodies were the hardware of physics, and the scientist's task was to discover their behavior. Today the situation has changed. For instance, we describe elementary relativity by saying that physical *phenomena* are invariant under uniform translation. But Galileo talked about balls, water-drops, flies, and so on. One of his great achievements was to convert the sky into a set of bodies, bodies of the same nature as those we know on the earth. Kepler described the motion of these bodies. Again, in another context, Galileo dealt with the *things* which float on the surface or move inside the water, rather than with what we would call the general laws of hydrostatics and hydrodynamics.

Perhaps the credit for having first challenged the oldfashioned concept of physical body and having started its transformation, must go to Galileo's pupil E. Torricelli. On the one hand, he converted *air* into a physical body, but on the other hand he and B. Pascal showed that the experimental and conceptual machinery needed to study this body was a substantially new one. *Pressure* was beginning to displace *weight*; the mechanics of continuous media was being born. These, among other reasons, were probably responsible for the progressive decay of the physicist's interest in *bodies*. The rapid and luxuriant growth of the mechanics of continua, due largely to the mathematicians of the early 19th century, was followed by the birth of the all-pervasive concept of field, due mainly to Faraday and Maxwell. These developments gradually convinced the physicists that very little, if any, importance attached to what *bodies* the observer was able to distinguish in a certain region of space. What counted, were the *distribution* of density, stress, strain, charge, field intensity, and so on, defined as point functions in the region of interest. In this way, the *objects* of physics become *regions of space, in which initial and boundary conditions are assigned*. The *experimental* task of the observer was to determine these conditions as precisely as possible, while his *theoretical* task was to infer from this knowledge how the distributions would evolve at subsequent times. The theory of the conduction of heat, worked out by Fourier, became in some way the paradigm of physics.

The main reason for this development is, in my opinion, that physical bodies were recognised to be *contingent*. Their shapes, masses, charges, etc. could be prescribed at will. The second law of dynamics required $f = ma$, but no law prescribed the value of m, Coulomb's law required $f = q_1 q_2 r^2$, but no law prescribed the value of q_1 or q_2, and so on. Objects were not *law-like* or *nomological*; their individual configuration had nothing to do with laws. One could imagine or build any object of any bulk, shape, charge etc., without violating any law of nature.

A great revolution took place at the turn of the century. In this connection, an interesting fact can be noted. Historians have perhaps been blinded by the glamor of relativity and quantum mechanics and are likely to describe these theories as *the* revolutions of the early 20th century. Yet, I believe that a much more important development took place at the turn of the century, a development that future historians will probably place in a more adequate perspective. This is the discovery of *nomological* objects. Nomological objects have well-determined masses, charges, angular momenta, and so on. Some of them (photons and neutrinos) have even a well-determined velocity. Nomological objects are prescribed by physical law; or, perhaps, each class of them represents a physical law. So, for instance, one can formulate the law that a mass $m = 9{,}1 \cdot 10^{-28}\, g$ must always be accompanied by an electric charge $e = \pm 4{,}8 \cdot 10^{-10}\, e.s.u.$, by a spin $\hbar/2$, and so on.

As is well known, the list of the quantised properties a nomological object can have is somewhat different from that of an ordinary object. On the one hand, there are new properties (such as intrinsic parity, hypercharge, strangeness etc.) which do not make sense for an ordinary object, while, on the other hand, such properties as temperature or elasticity disappear.

But as soon as we start to build the physical world in terms of nomological objects, we are led to realise a very peculiar fact. *Law-likenss* is a property which has different *degrees*. All objects of physics are more or less nomological.

Let us start from the assumption (which is not entirely correct) that elementary particles are strictly nomological, and let us build an atom. Is this a nomological object? In a sense yes. Two *Fe* atoms are currently thought to be identical. But, in general, they are not. Both the nucleus and the electronic cloud can be excited in a great number of different ways, so that the two *Fe* atoms are, in general, different from one another. This fact becomes more and more cospicuous as we go from atoms to molecules, to macromolecules, to biological molecules. Two such macrosystems can have the same name, and yet be quite different from one another. Clearly, they have the same name because they have some common property, and that common property is, in some way, prescribed by the laws of physics. But the laws do not prescribe *everything*.

When we start to think in this way, we realise that the same considerations apply even to much bigger bodies, even to cosmic bodies. Why are all stars called *stars*? Because they have several properties in common. But today we know that they have those properties in common because of the laws of physics. We can even predict to a large extent those properties. We know for instance that a star ten times the solar mass must behave in a certain way. Thus, stars turn out to be to some degree nomological objects, even if they are not strictly so. The same can be said of planets, comets, galaxies, and so on.

Two years ago I wrote in *L'indagine del mondo fisico* that even Saturn, with its apparently unique property of being surrounded by a number of rings, is to some degree a nomological object, and that other planets with rings might exist[6]. Today we know that Uranus has rings too!

But law-likeness brings us much, much further. We are now so bold that we use our knowledge of the laws of physics to imagine and construct *new classes* of objects, even much before we discover their actual existence. The examples are obvious: antiparticles, neutrinos, neutron stars, black holes... As we already remarked, Russell had pointed in the right direction. *In some way*, physical objects are today *knots of properties*, prescribed by physical laws.

PROBLEMS FOR THE FUTURE - V

From this brief historical excursus one might perhaps be led to conclude that

the concept of physical object is today as alive as ever. For, whereas our forfathers thought in terms of continuous distributions of properties in physical space, we are today dealing all the time with atoms, molecules, electrons, protons, and so on. Apparently we have *recovered* physical objects. In a sense, their legitimacy is today even better guaranteed than that of the old-time objects, because their structure is settled by physical law, instead of being left to the arbitrary choice of the observer. Note also that *integral numbers* seem to have been recovered in physics, since a mass can be expressed, say, as a multiple of the mass of the electron, an electric charge as a multiple of e, an angular momentum as a multiple of $\hbar/2$ and so on. Even phase-space volumes can be expressed as multiples of an elementary cell, due to the uncertainty principle. *Measuring* can, in principle, be reduced to *counting*.
What else do we need, to conclude that the world is made up of descreet and well-determined objects? A very old philosophical dispute seems to have been settled forever by physical evidence.

Yet the situation is not so simple. For one thing, everyone knows that *fields*, i.e. continuous distributions of properties, have by no means disappeared from physics. Field theory is still an extremely important tool, even for dealing with particles, and it is at least doubtful that it can be dispensed with altogether in a near future.
Further, let us consider more critically the statement that we can *count* the particles which make up a given system. Each particle, in order to be counted, must undergo an interaction. But, as is well known, the result of an interaction is only probabilistic. As a consequence, if we have several identical systems, the result of the count will give a different result for each one of them. Their mean value will in general not be an integer!

But there is something more serious. Particles are created and disappear all the time. For very short times the number of the particles making up the system can be quite different from the mean value or from what we would expect on the basis of available information. In this situation, what is the precise meaning of the operation of counting particles? What confidence can we place in it, as representing an operation which gives us information about physical objects?
Indeed, the infinite sea of virtual particles, that is currently crowding physical space, gives rise to puzzling questions. Is a virtual particle a physical object? We may be tempted to say *no*. But the soundness of this answer becomes very doubtful, when we think that sometimes an extremely small amount of energy can convert a virtual particle into a real one, and the other way around.
Furthermore, virtual particles have a substantial role in elementary processes; it would be wrong to think that everything happens as if they were not there. Virtual particles form a *denumerable* infinity and can be counted via Feynman's diagrams. Are we then to conclude that a virtual particle *is* a physical object? Perhaps yes, but it is anyway a much fuzzier and more elusive object than anything we would easily include in the common-sense notion.
Finally, there is the question of the *individuality*. Can we distinguish *this* and the *other*, in a system of two electrons? As is well known, this cannot be done: identical particles are indistinguishable. Here, cardinal numbers seem to take over the role we had previously attributed to ordinal numbers. A system of identical particles has a *cardinality*; but we cannot tell which is the first, the second, and so on.

As a conclusion of these brief remarks, I would like to emphasize that the situation of the concept of physical object, even if we are willing to give up extreme rigor and to accept some amount of common-sense, is today even more complicated than in the past. We are confronted with a lot

of new notions about the physical world, which probably need still to be digested and to be made consistent with one another. It will be good also to emphasize that the entire discussion is not merely academic, and can have profound implications in all our theoretical activity. Even the foundations of logic can be affected. Think, for instance, that in any formalised theory, we must start by defining a *universe of discourse*, that is a set of objects we want to talk about. For this to make sense, it must be well determined whether an object belongs or not to the set (*extension* of the set); moreover the objects must be distinguishable from one another, so we can tell which is which. These requirements can perhaps be met by mathematical objects (though some scholars strongly oppose the idea). But what happens in the case when our universe of discourse is made up of physical objects? How can we tell that it is determined whether a given electron belongs or not to our system, and how can we tell which electron we are talking about? If we want to conceive a physical system as a set of objects, we must first of all resort to a *fuzzy* set (think of virtual particles); but most probably, we must give up any attempt to use an *extensional* definition of the set and resort to *intensional* arguments. But intensional logic is still not very well developed and encounters serious difficulties. There remains therefore a lot of work to be done in connection with the concept of physical object.

G. T. DI F.

BIBLIOGRAPHY

1 A. A. ZINOV'EV, *Foundations of the Logical Theory of Scientific Knowledge*, Reidel, Dordrecht, 1973, p. 8.

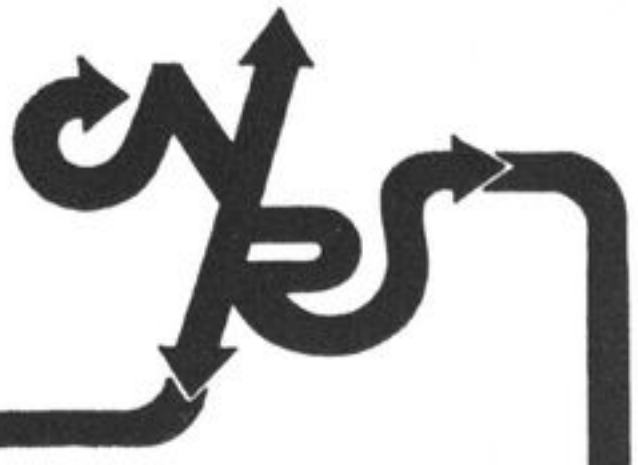
2 J. PIAGET, *La psychologie de l'intelligence*, Armand Colin, Paris, 1943, p. 133.

3 J. PIAGET et A. SZEMINSKA, *La genèse du nombre chez l'enfant*, Delachaux et Nestlé, Paris, 1941, p. 4.

4 B. RUSSELL, *Our Knowledge of the External World*, Allen and Unvin, London, 1926, p. 96 and p. 115.

5 W. V. QUINE, *Whither Physical Objects?*, in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, Reidel, Dordrecht, 1976.

6 G. TORALDO DI FRANCIA, *L'indagine del mondo fisico*, Einaudi, Torino, 1976, p. 484.



- Etats atomiques et moléculaires couplés à un continuum, atomes et molécules hautement excités . . . . . 135 F
- Ultrastructure des foraminifères perforés et imperforés ainsi que de leurs symbiotes, par Leutenegger . . . . . 58 F
- Géochimie organique des sédiments marins profonds, Orgon I . . . . . 150 F
- La prévision à long terme de la demande d'énergie, par Château et Lapillonne . . . 57 F
- Interfaces: physique-biologie 12 F
- Paroi tégumentaire et cycle d'intermue chez *peripatus acacioi Marcus et Marcus*, par R. Lavallard . . . . . 200 F
- Réflexions critiques sur les bilans énergétiques, par Ramain . . . . . 57 F
- Echanges ioniques transmembranaires chez les végétaux (colloque) . . . . . 180 F
- Oeuvres de André Martineau (1930-1972) . . . . . 210 F
- Phases bidimensionnelles (colloque) . . . . . 130 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS

15 quai Anatole-France 75700 Paris

CCP Paris 9061-11 • Tel 555 92 25

Modelli matematici per le scienze ambientali

Il centro scientifico di Venezia della IBM Italia ha iniziato nel 1970 una indagine su alcuni problemi della laguna proponendo il calcolatore come laboratorio alternativo a quelli tradizionali, che fino agli anni sessanta avevano dato un importante contributo alla comprensione dei fenomeni fisici.

Ai modelli fisici i ricercatori del centro hanno affiancato i modelli matematici. La scelta da loro fatta era in linea con le iniziative analoghe che già stavano dando ottimi risultati. I modelli matematici venivano impiegati soprattutto in quelle zone dove i problemi economici ed ambientali si erano fino a quel momento rivelati più drammatici che non a Venezia.

Le ricerche sono iniziate con l'indagine del fenomeno che più intimorisce e che sembrava essere inarrestabile: lo sprofondamento del terreno.

Vengono chiarite alcune ipotesi sul sottosuolo con l'importante contributo del laboratorio del Consiglio Nazionale delle Ricerche, che opera anch'esso in laguna.

È sufficiente trivellare un pozzo. Al Tronchetto, ai bordi della città. Inizia un'indagine minuziosa. Il modello matematico si articola in più direzioni. Si tiene conto di condizioni al contorno più dettagliate. Le relazioni teoriche si fanno più complesse al fine di simulare in modo sempre più soddisfacente il comportamento del terreno alle sollecitazioni imposte dall'estrazione dell'acqua.

Conclusioni precise: l'emungimento delle falde è la causa principale dello sprofondamento. È bene che l'autorità pubblica non autorizzi nuovi pozzi. Le industrie come l'utenza urbana debbono tener conto del problema.

In parallelo alla subsidenza, il movimento delle acque in laguna era oggetto di studio. L'acqua alta era un tema affascinante ed urgente. Coinvolgeva entrambi il mare aperto e le acque interne.
Così il problema ha avuto due direzioni di analisi: l'Adriatico e la laguna. La teoria aveva già sviluppato modelli adatti alla spiegazione del moto delle onde in laguna. Più intricato era il problema del bacino dell'Adriatico.

La marea astronomica contribuisce ma non in modo preponderante. Rimane da considerare l'effetto del vento e della pressione.

Quando il vento soffia sul mare lungo l'asse longitudinale, ha inizio una altalena molto simile a quella di una vasca quando si agita l'acqua con una mano.

La differenza di pressione sul bacino dell'Adriatico può avere un effetto analogo, anche se non altrettanto vistoso.

La marea meteorologica si sovrappone all'attrazione lunare e del sole, per contribuire alla grande tristezza dell'acqua alta in Piazza S. Marco e nelle calli.

Il modello matematico della marea ha permesso di valutare con accuratezza gli effetti della chiusura delle tre porte della laguna e con diverse ipotesi operative.

La chiusura delle porte di Lido, Malamocco e Chioggia è stata simulata, in modo da osservare gli effetti che si avevano in laguna e di valutare nel tempo l'attenuazione dell'onda di marea.

L'altezza del mare alle bocche: è necessario conoscerla con diverse ore di anticipo, realisticamente sei. Così le porte, siano esse delle chiuse o dei gommoni, possono essere mosse contro la forza della marea, per limitarne od annullarne l'effetto.

La previsione del modello è bene che sia la più corretta possibile. Le navi in rada hanno un alto costo. Ma anche le correnti svolgono un importante ruolo equilibratore dell'ambiente lagunare.

Le equazioni differenziali trovano un interessante campo di applicazione nella dinamica dei fluidi. Ma la ricerca di un risultato concreto nella realtà della laguna ha dato non pochi grattacapi.

Innanzitutto il contorno della laguna non è regolare. Il fondo tanto meno. Si è dovuto decidere con quale dettaglio si desiderava conoscere lo stato del sistema.

È apparso soddisfacente considerare un reticolo con una maglia di 300 metri di lato. Un'area di circa 10 ettari può sembrare vasta. Ma è bene ricordare che l'obiettivo non è quello di conoscere al millimetro il livello dell'acqua ai piedi del campanile in piazza San Marco.

Però c'è da attendersi che se sull'area della piazza il livello del mare è di 2 metri sopra il livello di riferimento (così accadde il 4 novembre 1966),

anche la base del campanile certamente è sommersa. Ed è pericoloso camminare in piazza.

Il reticolo, anche se così limitato, ha pur sempre 4000 nodi. E di ognuno si vuol conoscere il livello dell'acqua nel tempo. I livelli sono simulati ad intervalli di dieci secondi. Un tempo certamente breve, imposto per ragioni di stabilità di calcolo. Ma è possibile simulare parecchie ore di marea, a patto che siano disponibili elevati tempi di elaborazione. Se ciò è tollerabile per uno studio di progetto, non è più ammissibile quando l'azione del calcolatore deve essere tempestiva.

La previsione in tempo reale ha necessità di uno strumento più agile e più veloce. Quindi si rinuncia al raggiungimento di informazioni distribuite su tutta la laguna e fitte nel tempo, per ottenere un risultato limitato a punti strategici.

Adottando un modello di tipo statistico, filtri di Kalman, partendo dalle informazioni del livello del mare alle bocche di porto e da ipotesi sulle condizioni meteorologiche, è ragionevole attendersi una previsione di acqua alta in alcuni punti della laguna.

Se raggiunto in tempo reale, il risultato ha un ovvio vantaggio di preallarme per fatti eccezionali. Ma anche il calcolo, così semplificato, potrà essere eseguito su elaboratori di modeste dimensioni e distribuiti nel territorio, potendo addensare il controllo dove più è necessario.

L'effetto di una azione di difesa dell'ambiente e di controllo delle fonti di danno ha portato sull'area veneziana una elevata concentrazione di stazioni di rilevamento.

Ciò è vero soprattutto per quanto concerne l'inquinamento atmosferico. Sia l'industria che le autorità centrali hanno voluto mostrare un notevole interesse che ha portato alla installazione di numerosi sensori, a tutto beneficio dei ricercatori.

I rilevamenti, che dal marzo del 1973 ogni mezz'ora indicano la densità di anidride solforosa e le informazioni meteorologiche, rappresentano la base di dati, indispensabile per la messa a punto dei modelli di inquinamento.

Il modello gaussiano porta alla conoscenza di medie nel tempo; il modello a due dimensioni permette di seguire l'evoluzione del fenomeno di diffusione. Entrambi hanno già fornito interessanti risultati, avviandosi la ricerca verso la conclusione.

Al di là dei risultati il fatto più interessante ci appare quello di poter disporre di strumenti alternativi per meglio conoscere e prevedere il comportamento della laguna, in vari aspetti della sua realtà fisica.

Ma è bene ricordare che i modelli matematici sono una semplificazione dei sistemi reali. Arma pericolosa se usati nell'ignoranza dei limiti e delle ipotesi semplificative. Strumento di sviluppo e di pianificazione se intervengono nel momento decisorio insieme ad altre informazioni, contribuendo all'operato dell'uomo, ma non condizionandolo.

Mathematical Models for Environmental Science

In 1970 the Venice Scientific Centre of IBM Italy began a study of some of the problems of the Lagoon using the computer as an alternative to traditional methods, which, up to the 'sixties, had made important contributions to the understanding of physical phenomena.

Mathematical models were used alongside physical models. Indeed the former were already being used, with excellent results, in other areas whose problems had seemed more dramatic than those of Venice.

The first phenomenon to be studied was the sinking subsidence of the ground.

With the help of the laboratory of the National Research Council, which was also operating in the Lagoon, several hypotheses are formed concerning the sub-soil.

A well is drilled at Tronchetto, on the outskirts of the City. A detailed examination is begun. The mathematical model is articulated in several directions. The theoretical relationships are made more complex in order to simulate with ever-increasing accuracy the behaviour of the ground when water is extracted.

The conclusion is unequivocable. The extraction of water is one of the principal causes of subsidence. The local authorities must allow no new wells to be opened. Both the population and industry should bear in mind the problem.

Parallel with the research on subsidence, work was carried out on the movement of the water in the Lagoon. High water was considered an interesting and urgent problem, involving both the open sea and the internal waters. Hence the two lines of analysis: the Adriatic and the Lagoon.

Theoretical models aimed at explaining the movement of the waters in the Lagoon had already been developed, but the problem of the Adriatic basin was more complex.

The astronomical tide is a factor, though not the most important one. Others are the effects of the wind and of pressure.

When the wind blows on the sea along the longitudinal axis the effect is similar to that observed when the water in a bath-tub is stirred by the hand.
The difference of pressure on the Adriatic basin may have a like effect, though not so great.

The meteorological tide joins forces with lunar and solar attraction to contribute to the melancholy phenomenon of high water in St. Mark's Square and in the *calli* (narrow streets) of the City.

The mathematical model enabled us to measure with considerable accuracy the effects of closing the three mouths of the Lagoon, with different operative hypotheses.

The closing of the mouths of Lido, Malamocco and Chioggia was simulated in order to observe the effects in the Lagoon and to time the attenuation of the tidal wave.

The depth of the water at the mouths must be known in advance, let us say six hours before. In this way the mouths may be closed, either with locks or *gommoni*, thus limiting if not completely annulling the effects of the tide.

The model's forecast should be as correct as possible. It is expensive to keep ships in dock but it is also true that the currents have an important balancing function in the environment of the Lagoon.

Differential equations may be used in the field of fluid dynamics. But the attempt to achieve some concrete result has involved many problems.

First of all, the irregular profile of the Lagoon and its uneven sea-bed. It had to be decided in how great detail one wanted to know the state of the system.

A network with a mesh of 300 metres on the side was considered sufficient. An area of about 10 hectares might seem huge. But it is well to remember that the aim is not to measure by millimetres the water-level at the foot of the belltower in St. Mark's Square.

However, it is to be expected that if the sea-level in the Square is 2 metres higher than the reference level, then the botton of the bell-tower will certainly be submerged too, and at this time it is dangerous to walk in the Square.

Though limited in size, the network has 4000 nodes. As each of these points it is necessary to know the water-level through time. The levels are simulated at 10 second intervals, certainly a short time, but necessary for

reasons of calculation stability. But it is possible to simulate several hours of high water if enough computer time is available. This is acceptable in a project-study but not when rapid computer action is called for.

Real-time forecasting requires a factor, more agile instrument. The idea of collecting data from all over the Lagoon was abandoned, and strategic points chosen instead.

Using a statistic-type model, Kalman filters, starting from information regarding sea-level at the mouths of the port and from hypotheses concerning the weather, it is reasonable to expect a high-water forecast in some points in the Lagoon.

If achieved in real time, the result has an obvious advantage as an alarm for exceptional occurrences. But the calculations too, duly simplified, may be carried out on small computers and distributed in the area: checks can be increased where most needed.

The effect of action for the deference of the environment and for the monitoring of the causes of damage has been the setting up of a great number of check-points.

This is particularly the case as far as atmospheric pollution is concerned. Both industry and the local authorities have shown considerable interest in the problem and installed numerous sensors, which are a great help to researchers.

Every half-hour, since 1973, information concerning the concentration of sulphurous dioxide and the meteorological situation, is given, and constitutes the data-base which is essential for pollution models.

The gaussian model shows averages in time; the two-dimensional model enables us to follow the evolution of the phenomenon of diffusion. Both have provided interesting results, as the research approaches its conclusion.

Quite a part from the actual results, the most important thing is that we have, at our disposal, alternative instruments for studying the various physical aspects of the Lagoon and forecasting its behaviour.

But it is well to remember that mathematical models are a simplification of reality, and can be dangerous when used without an awareness of their limits and of the simplified hypotheses on which they are based. But if employed at the right decisional moment together with other information, contributing to but not determining human experience, then models are valid instruments of development and programming.

Lambert and the Watershed of Cosmology

STANLEY L. JAKI
Seton Hall University, South Orange (N.J., USA)

« Hitherto the sidereal heavens have, not inadequately for the purpose designed, been represented by the concave surface of a sphere, in the center of which the eye of an observer might be supposed to be placed ». So wrote Herschel in 1784 in the first of his two great papers dealing with the construction of the starry realm[1]. The purpose in question was the ascertaining of the motion of the sun, moon, and planets against the background of stars. For a long time prior to Herschel much that was said of the starry realm implied that it formed a vault even though the geocentric view had already been abandoned. Copernicus merely intimated the immense depths of the starry realm and Thomas Digges gave no reasons why no limits were assigned to it in his famous diagram of the Copernican universe. Bruno's pantheistic advocacy of the infinity of the universe found considerable echo and applause only centuries later and even then hardly for scientific reasons[2]. There was no echo to Kepler's claim that the stars were confined within a real, though ethereal, spherical shell 2000 German miles thick[3]. No discussion followed Galileo's remarks in the *Dialogues* where the thickness of the same shell, now imaginary, was left undetermined[4].

Although from Huygens on estimates were made of the distance of the brightest stars, and although the inability to detect stellar parallax — in spite of the steady improvement of telescopes — gave an increasingly better intimation of the minimum distance of even the apparently nearest stars, little if any speculation was offered on the true co-ordination of the stars among themselves. A generation or so after Huygens it was typical to say, as Derham did, that the stars were ordered like an army, and to say nothing specific about their order[5]. Behind that inconsistency lay a perplexity which was not sufficiently aired while its source, the idea of infinite extension, was gaining in popularity.

The chief motive power behind that process was Cartesian epistemology and mechanics. Three-dimensional homogeneous extension as the new definition of physical reality did not involve limits, although Descartes did not become an advocate of an infinite universe[6]. But he was certainly the spokesman of the idea of unlimited extension which soon began to appear as the only reasonable alternative to the Aristotelian

closed spherical universe with its heavenly regions necessarily moving in a circle. Indeed, infinite extension soon became equated with intelligibility itself. Clothing that intelligibility in ontological properties was a natural development. Behind Pascal's remark that Descartes brought God into his cosmology only to make Him perform a fillip lay Pascal's unerring realization that the Cartesian notion of unlimited extension could easily play the role of Ultimate Being[7]. Pascal was a better prophet than he himself would have dared to suspect. The notion of a Euclidean infinite homogeneous universe of stars was waiting in the wings with subtly divine honours when More, Newton and others declared infinite space to be God's sensorium. They suspected little if at all that the full logic of their declaration demanded nothing less than the eventual transferring of God's ontological properties to the infinite homogeneous physical reality and, to recall a remark of Koyré, the departure of a *Dieu fainéant* from the scene[8].

Opting for Euclidean infinity as characteristic of physical reality was not, of course, without major benefits for science. Physics certainly benefited when unlike Galileo, who stuck to the old view that the stars' motion ought to follow a circular path, Descartes set, with an eye on Euclidean infinity, no spatial limit to the validity of linear inertial motion. Espousal of homogeneous infinity acted, however, as a blindfold when it came to viewing the starry realm. Even to the naked eye the distribution of stars appears to be far from uniform. Galileo, the first to direct a telescope at the stars, did not fail to note that stars in the Milky Way were astonishingly more numerous than elsewhere. Yet in his *Sidereus nuncius*, where he announced this finding as if it had not been voiced many times before, he gave but a dozen lines to the Milky Way. He gave no lengthier consideration to some nebulous patches in which he observed the same high occurrence of stars[9]. Typically enough, Descartes and Newton, two chief protagonists if not of an infinitely large homogeneous universe but at least of a concept of inertial motion germane to it, shied away from the topic of the Milky Way[10]. Descartes had no room for it in his grandiose account of the mechanical development of the universe and Newton found the Milky Way worth mentioning only as an illustration of the whiteness of the tail of comets. His procedure was all the more glaring as his sole printed line on the Milky Way was part of the *Principia*'s Third Book, entitled « The System of the World »[11]. In substance it was equivalent to the system of planets.

Beyond that world, confined to the system of planets, there lay another realm, the universe of stars, which, its immensity notwithstanding, was not yet spoken of as infinite. When in 1733 Derham referred to the Orion nebula and other nebulous patches as openings into the presumably infinite empyrean heavens, he voiced a view that had repeatedly seen print in major astronomical publications during the previous half a century or so[12]. According to that view the universe of stars, however

immense, was a finite realm in a strictly infinite space. It was during that time that attention was directed to the paradoxical features of an infinite realm of stars homogeneously distributed, but they provoked no significant concern. On being privately reminded by Bentley that gravitation was meaningless in such a realm of stars, Newton haughtily told him to improve his expertise in adding and subtracting infinities[13]. Yet Newton did not demur in print when from 1693 on he saw in the many re-editions of Bentley's Boyle Lectures that the finiteness of the universe was emphasized there with a view to the gravitational paradox implied in an infinite number of stars homogeneously distributed[14]. Again, Newton paid no attention when in his presence in the Royal Society Halley came to grips in 1720 with the optical paradox of an infinite universe of stars. Nor did Newton care to pen a brief note when he saw Halley's garbled solution to the paradox published in the *Philosophical Transactions*[15]. Clearly, belief in the infinity of the universe meant a dichotomy in thinking about it. The stars insofar as they made up that universe were not discussed and the expression « system of the world » stayed conveniently tagged on to the system of planets.

As the eighteenth century passed through its midpoint, there appeared in 1750 Maupertuis' booklet, *Essai de cosmologie*, mainly a philosophical interpretation of some laws of physics, but its brief second part was cosmological in the scientific sense. Its title, « Abrégé du système du monde », was appropriate also in the sense that it stood for an 'abridgment' of the universe to the system of planets. Maupertuis' choice of title would seem all the more frustrating as in the last two pages of that *abrégé* he ventured to say something not only about the fixed stars but also of the so-called nebulous stars of which more and more began to be spotted and which he took for stars with heavy atmosphere[16]. This was a distinct regress with respect to what Maupertuis had already said in 1732 in his *Discours sur les différentes figures des astres*. There, in the sixth of eight chapters, Maupertuis discussed the nebulous stars, his first remark being that a revolving fluid material must form « very flattened stars resembling millstones which belong either to the class of stars or to that of planets depending on whether the material forming them is luminous in itself, or is opaque and capable of reflecting light »[17]. Maupertuis added that the material of any such celestial millstone may be « homogeneous throughout, or gravitate toward a star of different constitution in its center ». Laplace, who certainly read Maupertuis' *Discours*, made no acknowledgment of this happy phrase, which, because of this not too creditable procedure on Laplace's part, took on a typically Laplacian ring.

Also very valuable was Maupertuis' remark that depending on the position of these celestial millstones with respect to us their apparent figures could vary from a sphere (disk) to a very flattened oval. But Maupertuis was not willing to ascribe the luminosity of these millstone-like stars to the

fusion of the light of very small stars in them. One of his reasons was based on Derham's conclusion that the luminosity of the Orion nebula could not be explained by very small stars visible within it[18]. Another of Maupertuis' reasons was the findings of astronomers (whom he did not identify), who observed nebulous stars through increasingly better telescopes. Thus Maupertuis concluded that these « nebulous appearances were not only not caused by that heap of stars one imagined to be there, but that they did not include any star; and that they did not appear to be but great expanses, oval, luminous, or of a light clearer than the rest of the sky ». Curiously, Maupertuis did not find the topic of the Milky Way germane to his book the subtitle of which promised an explanation of the « luminous patches that have been observed in the sky ». Cosmology could not have been closer to its great watershed and yet so frustratingly far from it. At the end of the century Laplace still could largely ignore the significance of the Milky Way and of stars in general in a book which claimed to be an *Exposition du système du monde* (1796) without being challenged on that score. Nobody took issue with Laplace as he began to speak from the third edition (1808) on of Herschel's observations of thousands of nebulae in some of which Laplace saw a support of his theory of the evolution of the system of planets[19]. With no small arbitrariness Laplace took some nebulae, which even Herschel's giant telescopes could not resolve into stars, for so many protosuns ready to start their condensation and to give birth ultimately to a system of planets. It could hardly be unknown to Laplace that Herschel considered those nebulae as entities far bigger than protosuns.

Although Herschel preferred to err by speculating too much rather than too little[20], he remained an observer at heart. The speculative or theoretical questions of cosmology did not appeal to him and he carefully avoided discussing the question whether the universe was infinite or not. Observations, however, gave him no clue even to the question whether the Milky Way itself had a distinct boundary. When he first spoke of the Milky Way as resembling a disk and estimated its size and the staggeringly large number of stars in it, he had already been armed for some years with giant telescopes and a wealth of data on the variation of the number of stars in various directions. In presenting in 1785 the Milky Way as the construction of the heavens in the form of a flat disk he knew that he had once and for all eliminated the « vault » of stars and had thereby opened a most momentous new chapter in the study of the cosmos. He did not seem to know that the same epoch-making conclusion about the Milky Way, marking the watershed in cosmology, had already been reached a generation or so earlier.

Indeed it had been reached between 1750 and 1761 not once but on three different occasions. Moreover, each time the conclusion was reached not by a professional, let alone a first-rank astronomer. Thomas Wright, Immanuel Kant, and Johann Heinrich Lambert argued on the basis of

naked-eye evidence, an indication that if a major scientific breakthrough has ever been long overdue, the explanation of the visual appearance of the Milky Way perfectly fits that category. The explanation given in 1750 by Wright in his *An Original Theory and New Hypothesis of the Universe* was not entirely satisfactory. Stars confined within a ring or within a spherical shell, as Wright imagined the case to be, would not appear as a whitish belt similar to the Milky Way[21]. A German summary of Wright's book, in which only a fleeting mention was made of the spherical shell, helped Kant insofar as it was almost natural to develop the ring into a disk, the correct model, which Kant presented in 1755 in his *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*[22]. The same conclusion had already been jotted down on a sheet of quarto paper in 1749 by the twenty-one-year-old Lambert, freshly appointed tutor of the children of Count von Salis in Chur. Lambert made his finding public only twelve years later in his *Cosmologische Briefe über die Enrichtung des Weltbaues*, or *Cosmological Letters on the Arrangement of the World Edifice*[23], without being aware of Kant's work which saw but limited circulation.
Lambert may have spoken of his insight about the Milky Way in one of the clear summer evenings which he used to spend with the Count and his family sitting in the garden. The tutor, usually absorbed in his thoughts, broke into the conversation with unusual remarks, one of which — it is now raining in Spain — became keenly engraved in the Countess' memory[24]. An inference from the night sky in Chur to the weather in Spain could indeed be more effective in making an impression on most people, than could a novel though correct theorizing about the Milky Way. Neither Wright, nor Kant, nor Lambert were able to turn their explanation of the Milky Way into an avidly discussed topic. Their explanation — so natural, simple, and long overdue — was equivalent to an explorer's coming to a watershed which, however far-reaching, appears to be such only in retrospect, after a careful surveying of the entire territory.

Wright's book ended in weird speculations about countless Milky Ways (all spherical, as he preferred the shell model) as so many abodes of hell and heaven with the omnipotent eye in their centers. He did not identify nebulous patches in the sky as other Milky Ways, although he attributed their whitish hue to the large number of stars in them[25]. Kant's book contained only two valuable and equally brief details. One was his explanation of the visual appearance of the Milky Way, the other was his identification of other nebulae as so many Milky Ways. Kant referred to Maupertuis' ideas on nebulous stars as reported in a three-page-long review of Maupertuis' *Discours* in the *Nova acta eruditorum*[26], but perhaps fortunately for Kant the review did not contain Maupertuis' emphatic rejection of the idea that the luminosity of nebulae was due to the presence of many stars in them. The Third Part of Kant's book was a confident specification of the physical, intellectual, and moral characteristics of the denizens of each and every planet from Mercury to Saturn. The main

part of his book was a very faulty and pretentious explanation « on Newtonian principles » of the evolution of the system of planets, an explanation of which almost every step revealed the shallowness of Kant's familiarity with Newton and physics[27]. The *amateur* in Kant, the cosmologist-physicist, was also revealed in that hierarchical organization he had assigned to the universe, which he most emphatically held to be infinite[28]. That organization implied an absolute center which Kant tried to reconcile with Euclidean infinity on the basis that physically, though not geometrically, such a center was not contradictory. Kant failed to realize that the centralmost star of his universe had to have infinite mass and brightness. Nor did he care to explain why nothing could be observed of the extremely bright and massive stars which he postulated to be in the center of the Milky Way, of other galaxies, and of supergalaxies of ever higher rank. Finally, Kant's universe, which was evolutionary throughout, was also subject to endless cycles of births and rebirths[29]. This was the first notable appearance in modern times of an idea which implied that the universe was a perpetuum mobile. It should seem interesting that the idea of perpetual motion machines had been declared by Maupertuis only a few years earlier to be as disreputable as that of squaring a circle[30]. Learned societies followed his advice to reject out of hand papers on both subjects but they are still to perceive the perennial futility of cosmological theories according to which the universe is a perpetual motion machine.

As to Wright's work a copy of it belonged to Herschel's library, but there is no solid evidence that he was influenced by its contents in his arriving at the correct explanation of the Milky Way[31]. Of Kant, Herschel made no mention ever in his writings, although in the 1790's, shortly after Kant the philosopher had suddenly become a celebrity, efforts were made in Germany as well as in England to extol Kant, the scientist, who could derive from the sheer exertion of his reasoning powers the true shape of the construction of the heavens which decades later Herschel could find out only with giant telescopes[32]. As to Lambert's cosmological work, Herschel briefly mentioned it in 1805 in his paper on the motion and velocity of the sun and of the solar system. The remark certainly revealed Herschel's caution to speculate, his declared preference to speculate notwithstanding. On the one hand he admitted that the motion of satellites around the planets, and of these again around the sun, « may suggest the idea of an additional motion of the latter round some other unknown center » and « that it must be admitted that the solar motion itself is at least a very possible event »[33]. But between these two admissions there was condensed an unsympathetic appraisal of those who « like to indulge in fanciful reviews of the heavens » and « build a system upon hypotheses not altogether without some plausibility in their favour ». As illustration Herschel mentioned Lambert who « in a work which is full of the most fantastic imaginations, has framed a system wherein the sun is supposed to move about the nebula in Orion ».

If Herschel found extravagant the idea « of making this luminous spot a center of motion », one wonders what he might have thought of some even more daring if not fanciful details of Lambert's cosmology. Herschel read it not in the German original but in Bernard Merian's French abridgment published in 1770 and again in 1784[34]. Merian, a colleague of Lambert in the Berlin Academy, left out, as was later noted with jubilation, whatever science there was in the original[35]. From a distance of forty years, during which Herschel's telescopes brought the nebulae, including the nebula in Orion, much closer than Lambert would have dared to expect, his speculations on that nebula, even as given in the original, had to seem not only unscientific but fanciful and fantastic, though hardly more so than Herschel's matter-of-fact reference to inhabitants on that solar surface which he could observe incomparably better than anyone before[36].

That Herschel did not refer to the original version of Lambert's work may have been due to the fact that it had become a rarity shortly after its publication. No different was the case with its almost complete French translation published in 1801[37] and with the English translation (1800) of Merian's abridgment[38]. Brief excerpts from that English translation served the English speaking world during the past two decades as the main source of information on Lambert's cosmology[39]. Therefore a review and appraisal of it with an eye on its historical context and background may be in order in this bicentennial year of his death, and all the more so because of all of Lambert's works it is the *Briefe* that in all appearance will command enduring interest. The reason for this lies not so much in the apparent modernity of some of Lambert's cosmological ideas or in the natural interest in the historical background of such a rapidly developing field of research as scientific cosmology has become in our times. The reason lies rather in the fact that the *Briefe* is the first book in which the author deals scientifically with the entire system of the world. The *Briefe* truly offers a « *système du monde* », the title of its abridgment by Merian, who perhaps did not suspect that he had thereby restored the true meaning of an expression already divested by Newton, Maupertuis and others of its genuine connotation.

Lambert's dealing scientifically with the entirety of the universe concerns primarily his methodology. It is very modern not only in that Lambert's cosmos is free of self-defeating paradoxes, but also in that his systematic survey of the differences among facts, theories, predictions and possible verifications was not emulated in cosmological literature until the twentieth century. This methodical procedure of his is particularly evident in the last of the twenty letters that constitute the *Briefe.* There he made a step by step review of both the observationally demonstrated, of the still to be observed, and of the probably never to be observed aspects of his cosmological edifice which he felt gave a good account of the actual construction of the universe.

Lambert was enough of a mathematician to realize that in a hierarchically organized universe already a few successive levels mean a tremendous increase in distance and size. A level or a system a hundred times more inclusive than the local system of stars had therefore to appear for ever unobservable and even more so was this the case with that body in the center of the whole hierarchy of galaxies and supergalaxies to which Lambert assigned the thousandth rank, but only to intimate the inconceivable vastness of the universe which for him was strictly finite. That body, an enormously large, exceedingly dense and opaque spherical mass, could only be seen with the eyes of the mind. Lambert certainly made the most of the powers of his mind's eyes as he wrote in connection with that centralmost body or supreme regent: « However far you wish to go, you will finally come to the center of the whole world-edifice and here I find my last body which steers around itself the whole creation »[40]. Just as this absolute center of the universe was far too distant from us to become ever observable, so were the boundaries which Lambert repeatedly assigned to the universe. The only explicit proof he gave on behalf of its finiteness related to the impossibility of an actually realized infinite number[41]. Somewhat surprisingly, Lambert made no reference to the gravitational paradox of an infinite universe of homogeneously distributed stars, although Bentley's Boyle Lectures were available since 1714 also in German translation. As to the optical paradox, to which Chéseaux sought in 1744 a solution in the absorption of starlight in the ether filling all cosmic spaces[42], Lambert had already declared it to be inconclusive in his *Photometria* (1760) with a reference to the patently unhomogeneous distribution of stars illustrated by the Milky Way, a point which will be discussed later in greater detail. In all appearance, Lambert's main support on behalf of his assertion of the finiteness of the universe was his conviction that a mechanism designed for purpose, which the universe in his eyes certainly had to be, could only be finite.

The idea was not new. Kepler had already voiced it against the pantheist Bruno's vagaries into infinity[43]. For Voltaire, the deist, the universe had to be finite as it was a clockwork designed by God. So dear was this reasoning to Voltaire that he put the finiteness of the universe in Newton's mouth in his *Eléments de la philosophie de Newton* (1738)[44]. Had, as Koyré claimed, Newtonian infinity reigned supreme by the end of the eighteenth century, Voltaire would have certainly been taken to task on that point as his *Eléments* went through its numerous re-editions. But his contemporaries seemed to remember the perplexity which he had voiced in his *Dictionnaire philosophique* about an actually realized infinite physical reality: « If our material universe is not infinite, it is but a point in space. If it is infinite, what is an actual infinite to which I can always add in my thoughts? »[45]. Tellingly enough, infinity in a strict sense was reserved to the Absolute Supreme Being in the *Encyclopédie*[46].

In its various articles with cosmological relevance, the universe was never described as infinite[47]. Lambert's categorical assertion of the finiteness of the universe should seem therefore astonishing only against the background of a widely shared though mistaken view in which the general acceptance of the idea of the infinity of the universe is ascribed not to the nineteenth but to the eighteenth century.

Lambert did not, of course, start his cosmological discourse with references to the outermost boundaries of the universe or to that supreme regent in its absolute center. But his insistence on harmony and order was in evidence from the start. They were his main cosmological principles and implied that the universe was a replication of one pattern, the disk, on ever higher levels, a pattern designed for the purpose of securing abodes for life everywhere in the cosmos in the greatest possible number and variety. His spelling out this cosmic vision in detail naturally bore the mark of some preoccupations and preferences of his time.

A principal preoccupation for a cosmologist was the still widespread concern about comets. It was reinforced by the appearance toward the end of 1743 of a huge comet with six spectacular tails[48] and by the arrival, though not without a few months' delay, of the comet the return of which Halley had predicted for 1759 and has since been known as Halley's comet. That on the basis of Newtonian physics one could predict the period and path of comets could, of course, help one realize that the collision of a comet with the earth was not at all a probable event, implying as it did the meticulous co-ordination of two often very different orbits. But in 1749 Buffon stirred emotions at least in the uninformed by assigning the formation of the system of planets to the grazing collision of a comet with the sun. Buffon also helped refresh memories about Whiston, according to whom each planet needed the close passage to it of a comet in order to be put in its present orbit around the sun[49]. Most importantly, there was Maupertuis' book-length *Lettre* on the comet of 1742 in which more than enough was said about the frightening upheavals that would be induced on the earth by the close passage of a comet, although Maupertuis said, with tongue in cheek, that such a passage could permit the comet's inhabitants to land on the earth![50]

When in the summer of 1760 Lambert wrote the *Briefe* in a few months' time, he certainly had Halley's comet in mind[51]. The first eight of the twenty letters in the *Briefe* had the purpose to make the probability of a collision between the earth and a comet appear as small as possible. Lambert should have pointed out above all that such a collision would not really be a collision in the strict sense, because comets could at most have a solid core insignificant in size in comparison with the dimensions of even the minor planets. Otherwise a close passage of any of the comets to any planet would have produced in the orbit of the latter a change that could have been estimated well in advance and also detected. But Lambert was oblivious to that point as were Newton, Halley, Maupertuis

and many other famed 'geometers' of the eighteenth century. Rather Lambert restricted himself to the analysis of Halley's Table of twenty-four comets with computed orbits[52]. Since its relatively few entries were equivalent to a random sampling, Lambert felt that their statistical evaluation was justified. A chief conclusion of his was that all cometary orbits were the more steeply inclined to the plane of planetary orbits the more their perihelia were inside the orbits of planets. This obviously meant a reduction of the probability of a collision between planets and comets, but it still remained to be demonstrated that cometary orbits were different from those of the planets to implement a specific purpose. Halley's Table also gave support in Lambert's eyes to a commonly shared preference of his time, namely, the principle of plenitude. The five million comets which he claimed to have their perihelia within the orbit of Saturn, meant a plenitude not only of celestial bodies but also of life, as Lambert confidently put denizens on all of them. While the number he gave could appear fanciful if not fantastic, the procedure on which he based his calculations has retained its validity. It forms the basis of modern estimates of the number of comets around the sun and they are remarkably close to the number given by Lambert[53]. Sharing in full the widespread belief in the validity of the principle of plenitude, Lambert also assumed with no second thoughts that there was life on any of the staggeringly large number of comets and on any of the relatively much less numerous planets around the millions of suns which, together with our sun, formed according to him the local system of stars. Several such systems formed a higher system of which the Milky Way was the plain evidence. A number of Milky Ways formed in turn a still higher system and so on. All systems of stars, of galaxies, of supergalaxies, and of ever higher systems revolved around their respective centres, each of which was an immensely large, exceedingly dense, and opaque body or regent.

The regents had to be intrinsically dark like the earth, for as stars they would have been too conspicuous in the sky and certainly in a sky scanned by telescopes. As exceedingly dense and immensely large bodies (Lambert described the diameter of the regent of the local star system as possibly exceeding the diameter of the orbit of Saturn)[54] they could be the source of stability of the orbits of the millions of stars and billions of comets forming already the systems on equal level with the local star system. Stability in turn meant the exclusion of the possibility of collision between celestial bodies, nay even the maintenance forever of their orbital patterns and respective positions. In other words, plenitude was restricted by the principle of collision-free stability and this is why all systems, from the lowest, that is, the systems of satellites around the planets, to the highest, or most inclusive supergalaxies around the centralmost regent, were supposed by Lambert to lie in essentially the same plane. Thus the universe could only resemble a disk, which was also the pattern of all its constituent systems on all levels[55].

Confident about the validity of the principle that a rationally ordered universe had to display the same pattern on all its levels, Lambert felt that the truth of his speculations about the arrangement of the world edifice was demonstrated once observational evidence had been obtained about two chief consequences of the disk-type ordering which he thought was evidently displayed on at least three levels: the level of satellites, of planets, and of the Milky Way. One of the consequences was the existence of a regent in the center of the local star system to which the sun belonged. He hoped that future observations of the nebula in Orion and comparison of its previous drawings would show it to be the surface of a dark regent illuminated by suns orbiting around it at a close range. In writing the *Briefe* Lambert could hardly suspect that the *Mémoires* for 1759 of the Académie des Sciences (published only in 1765) were to contain a full-page engraving with four drawings of that nebula suggesting a distinct variation in its shape[56], an outcome, which Lambert later greeted as a vindication of his speculations and which also shows that his speculations were in a sense in the air. The other consequence related to the presumed orbiting of our sun together with its planets around the regent of the local star system. On the one hand Lambert hoped to obtain evidence for the sun's motion from the comparison of old and new star catalogues[57]. On the other hand he hoped that a more meticulous analysis of planetary orbits would show a cycloidal pattern imposed on them, the result of their composite motion around the sun and with the sun around the regent of the local star system.

Clearly, Lambert knew how to balance boldness with respect for factual consequences of apparently fanciful theorizing. Lambert was not 'fantastic' simply because he took — as did Herschel and countless other scientists, philosophers, and poets of the eighteenth century — the principle of plenitude for an unquestionable verity[58]. In the contemporary context it was not the sign of fancy but of boldness and mental rigor to construct a cosmological model in accordance with the full logic of that principle and keep that model at the same time free of self-contradicting paradoxes and consequences, and to specify the prospect of some observational evidence on its behalf.

The full logic of the principle of plenitude as harmonized with the principle of order demanded that the same pattern be replicated on all levels of the hierarchically structured cosmic edifice. To be sure, this principle of replication was not so widely spoken of as the alleged fulness of matter with life everywhere. But the *Monadology* of Leibniz, in which every monad was described as teeming with uncounted forms of life, was not the only widely read work of Leibniz throughout the eighteenth century. His *Theodicy* was another favorite. Indeed, it has been aptly noted that « to his own and the succeeding generation, Leibniz was known as the author of the *Theodicy* »[59]. The truth of this statement is certainly illustrated by Lambert's remark, made shortly after the publication of

the *Briefe* to one of his former pupils, Baptista von Salis, that « in the philosophical world one will rank the *Briefe* only slightly below the *Theodicy* of Leibniz »[60].

In offering this evaluation of the *Briefe*, Lambert must have had in mind not only the sustained vindication of cosmic purpose, order, and optimism anchored in the Creator's rationality and goodness, a vindication that sets the tone of both the *Briefe* and of the *Theodicy*. He must have been thinking in particular of the concluding part of the *Theodicy* where the principle of plenitude is presented in the imaginary presentation by Pallas Athene to Theodorus of the marvelous variety of worlds as if each were a magnificent hall. Going through those halls was compared there to ascending a pyramid with the goddess and her guest finally reaching the most beautiful hall at the pyramid's apex[61]. This passage of the *Theodicy* seems to be echoed in Lambert's spirited description of the absolute center of the universe: « There is the throne to which all systems attend like so many satellites, the capital city that issues laws to the realm of reality and keeps all in order and complete harmony, makes all a whole, bans all excess, sets a limit to the revolt and dissolution of each fleeting part, and guides it back into its proper place. But I unwittingly obscure by this enthrallment my difficulty which is caused by the view of such a splendid place. A poet would have here a touching opportunity to embellish it in full, depict it to our imagination to the highest degree of plausibility, and render it captivating »[62].

Lambert could see a further proof of his evaluation of the *Briefe* as strongly Leibnizian in perspective and inspiration when in 1765, four years after the publication of the *Briefe*, another major work of Leibniz, his *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, saw print for the first time, a work in which Leibniz argued the case of a hierarchical plenitude within the realm of living organisms[63]. But a far more memorable and concise formulation of a hierarchy of all things had been carried far and wide for almost thirty years prior to the publication of the *Briefe* in Pope's *Essay on Man*. It was Leibnizian optimism cast in a superb poetry that held under its sway literary as well as philosophical circles. At least half a dozen German and French translations of the *Essay* that appeared prior to the *Briefe* could familiarize its future author with Section VIII of Epistle I of the *Essay*[64]. It was the Section with its famous phrases about « the heights to which progressive life may go », about the « vast chain of being » in which the breaking of any link, « tenth or ten thousandth breaks the chain alike ». True, Pope spoke of no galaxies but only of planets and suns and of old fashioned heavenly spheres. Yet what he said of every system rolling « in gradation alike essential to the amazing whole » could but give wings to the imaginative power of a cosmologist and prompt him to conjure up systems of stars similar in structure to the system of planets, systems which embodied perennial stability for

reasons stated by Pope in connection with the planetary system though clearly with an eye on the cosmic whole:

> *Let Earth unbalanc'd from her orbit fly,*
> *Planets and Suns run lawless thro' the sky,*
> *Let ruling Angels from their spheres be hurl'd*
> *Being on being wreck'd, and world on world,*
> *Heav'n's whole foundations to their centre nod,*
> *And Nature tremble to the throne of God:*
> *All this dread ORDER break — for whom? for thee?*
> *Vile worm! — oh Madness, Pride, Impiety!*[65]

Plenitude, subordination, endurance, optimism were exuding alike from the *Briefe* and the *Essay*, and it is well to recall that Lambert's attention was undoubtedly called to the *Essay* when its metaphysics became the topic of the Prize set for 1753 by the Berlin Academy, a choice which had really Leibniz for its target and stirred the entire learned world[66].

Leibniz, Pope, and Maupertuis were not, of course, 'forerunners' of Lambert, the cosmologist. But several of their ideas and phrases found a fertile soil in his mind and became major facets of his cosmological construct. For all its peculiarities and monumentality Lambert's cosmology is not the case of a Gestalt switch or of a paradigm shift. It is rather a telling example of that organic way in which geniuses are connected with their forebears, are steeped in their immediate background, and are part of the climate of opinion of their day. Like many other great conceptual advances, the idea of a hierarchical universe had been in the air prior to its detailed formulation by Lambert. It was in fact so much in the air as to be formulated also by Kant who was indebted to Leibniz, Pope, and Maupertuis in much the same way as was Lambert. The chief catalyst in both cases was a bent on system building. In that connection Kant, the philosopher, was to borrow heavily from Lambert. The section on architectonic in the *Critique of Pure Reason* is a distinct echo of Lambert's efforts to systematize reasoning in his *Anlage zur Architectonik* (1771)[67]. The latter was an ambitious effort to reduce every concept to the simplest and primary notions. It came to a close with a chapter on the finite and infinite, preceded by a chapter on the 'edifice of numbers'[68]. These concluding chapters were characteristic of the tone of the entire two-volume work and of the spirit of the program which Lambert laid out in his *Neues Organon* (1764). There he offered mathematical truth as the basis of distinguishing truth from falsehood and appearances, and urged a systematic adoption of that basis in philosophy. He must have been thinking of the *Neues Organon* as he wrote in 1768 that he felt assured to have shown that « as long as the philosopher does not carry his researches to the point where the geometer can apply his calculus, the philosopher can positively rest assured that he is still in an absolute confusion »[69]. His next phrase, « everywhere where some knowledge has

been submitted to calculus, it completely changed complexion because one had to look at it in a wholly different manner », was revealing not only of the reductionist in Lambert, but also of his reluctance to become an unqualified reductionist.

Yet Lambert never faced up in full to the task of reconciling a mathematical way of philosophising with commitment to the ontological reality of purpose, a commitment present not only in his cosmology but also in his professed appreciation of the value of non-mathematical fields of study. He wanted to be a universal intellect and was recognized as such when given the rare privilege to present papers not only in the philosophical, mathematical, and scientific classes of the Berlin Academy, but also in its class of *belles-lettres*. Lambert wrote little if anything to qualify in that class. But his essay, *Observations sur quelques dimensions du monde intellectuel*, showed his awareness of the differences between what is called nowadays the two cultures. That he was not a hardened reductionist is clear from the fact that he admitted the fact of progress in both fields though with a difference. Systematic progress was, according to him, the privilege of the exact sciences. He presented the progress of humanities as one beset with upheavals and reversals[70].

The same essay in which Lambert also scrutinized with a reference to progress the meaning of high, profound, sublime, elevated, far-reaching and so forth, contained a direct and precious insight on his idea of cosmology. In noting that the foregoing concepts needed to be referred to something concrete in order to be meaningful, he took an aim at what he called « transcendental cosmology ». In all likelihood he meant the one set forth in Wolff's *Cosmologia*, a work which since its publication in 1731 made cosmology a household word in the academe[71]. « Sublime as transcendental cosmology may be », Lambert wrote, « it still seems to be separated by an immense interval from that empirical cosmology which astronomy and physics bring into our ken ». That immense interval referred to those « intermediary spaces » where, to quote Lambert's words, « one ran the risk of losing direction as long as abstract and transcendental ideas are not connected with those that can be applied in a useful way »[72].

This passage summed up the very core of Lambert's cosmology in which the most general ideas were to find a direct relevance to concrete observed details. It was a further and essential aspect of Lambert's cosmology that if it was to signal progress its details and data were to be utilized in a systematic way. Indeed all of Lambert's scientific books have systematization (often of relatively few data — the twenty-four entries in Halley's Table of comets are a case in point) as their chief characteristic and contribution. His first book, or rather booklet, *Les propriétés remarquables de la route de la lumière*, strikes its reader more by the rigid sequence of propositions, theorems, observations, and lemmata than by the originality of its contents or the richness of its empirical

data[73]. The same is true of the *Photometria*, a massive treatise, according to its subtitle, « on the measure and degrees of light, colors, and shadow », published a year before the *Briefe*. Its truly original detail, which is known as Lambert's cosine law and which he proudly called « this new law of illuminating forces »[74], was rather overworked by him, and so was his entire discourse on the principles and application of photometry. Here too Lambert carried matters to a watershed. As was the case with cosmology in the *Briefe*, the *Photometria* too contained all that with certainty could be said on the topic. What Lambert conjured up in both works as future possibilities could easily seem far-fetched, if not fantastic, in the absence of instrumental breakthroughs. In photometry these were achieved mainly by Fraunhofer, whereas in cosmology they were the work of Herschel.

Johann Bernoulli III, a colleague of Lambert in the Berlin Academy and an admirer of his, was quoted by a contemporary that he had found Lambert's *Photometria* so obscure that he would have rather written it anew than to read it[75]. Lambert, the writer, was no more successful with his strictly scientific presentation than with his popularizing effort exemplified by the *Briefe*. In both cases Lambert failed because his bent on systematization made the presentation of his material overworked and pedantic. This is why both the *Photometria* and the *Briefe* quickly fell into oblivion. The *Briefe* was too popular for the astronomers' taste, but far from being popular enough for the broader audience. The *Photometria* was too pedantic and learned to succeed as a textbook, but far from being so original as to retain the professionals' interest. The same contemporary put matters in focus as he wrote: « At any rate, scientists of first rank read little, each is busy with his own meditations. They will not therefore read even those very learned, or, if you wish, very obscure books; and at any rate, it is not they who are to be instructed, — that would be absolutely foolish; (by writing such books) one all too often stirs only their jealousy, for should they all resemble a d'Alembert, they would read one another only to criticize each other »[76].

That the *Photometria* was not read, let alone criticized, was a distinct loss for cosmology, although here again Lambert was in part to be blamed. The sixth part of the *Photometria* was a « subjection to calculus of the illumination of the planetary system ». The third and final chapter of that part dealt, however, with « the light of stars and of their distances ». After giving a brief outline of various efforts culminating in Bradley's work concerning the minimum distance of stars, Lambert took up the question of the illumination of the night sky with a view on the essay published on this topic by Chéseaux[77]. Prompted in all likelihood by Halley's papers, Chéseaux made it sufficiently clear that the gist of the problem was the presumed infinity of the universe. But in Lambert's summary of Chéseaux's presentation of the problem, this aspect of it almost disappeared. « Chéseaux stipulates », Lambert wrote, « not only that the

distances of stars are unequal, but also that the number of those equidistant from the sun increases in the same ratio as does the distance itself. Since he sets no limit to that distance, he infers that the night sky should seem covered by stars in such a way as to leave no point there without being covered by stars unless the light of stars somewhat diminished (as it passed through the ether) »[78].

Lambert countered this reasoning with no reference to the presumed infinity of the number of stars or to the presumed extension of the starry realm into infinity. He rather noted that whereas nobody denied that the distances of stars were not uniform, « one should hardly concede that they are distributed in the (homogeneous manner) as it appears to that most ingenious author ». In the next breath Lambert exclaimed: « Whence the galaxy? » The question and his answer given to it shows that for once Lambert was not systematic enough. Instead of coming to grips with the full logic of the problem of the distribution of stars, he used in a rather vague manner the expression « system of stars » by equating it with the Milky Way. That system, he wrote, « is not at all spherical (that is, the appearance demanded by homogeneous distribution), but oval and flat, and I state that the Milky Way is the ecliptic of (the realm of) stars »[79].

The question of infinity receded even more in the background as Lambert further tried to undermine the assumption of homogeneous distribution by pointing out that the Milky Way itself was irregularly composed of smaller systems. It was in that context that Lambert's sole use of the word infinite occurred and did so in a distinctly non-rigorous sense, as he described the *one* system of stars, the Milky Way, as being « composed of infinite smaller ones »[80]. Had Lambert followed in this context his urge to be rigorously systematic, he might have uttered phrases on the presumed infinity of the universe which because of their precision and incisiveness could have served as a warning to subsequent generations. Had he formulated that warning, he might have indeed prevented many a nineteenth-century cosmologist from being trapped in a dichotomy of thinking about the universe. The dichotomy culminated in a myth, the myth about the Milky Way as forming an island universe in the infinite realm of galaxies, an island connected neither optically nor gravitationally with the infinite realm beyond[81].

From the watershed to which Lambert carried cosmology the futility of that myth could possibly be sighted and perhaps even foreseen. But Lambert, the cosmologist, was not only not seen by posterity as standing on a crucial watershed and seeing far ahead. For all practical purposes he was not seen at all. When Herschel's spectacular findings about the realm of nebulae, about their great varieties, about clusters of stars, and about the motion of the sun became the topic of conversation of astonished astronomers, only an *amateur*, J. M. C. van Utenhove of Utrecht, found it worth noting — and in notes to an almost complete French trans-

lation of the *Briefe*[82] — that Lambert's dicta time and again seemed to be illustrated by Herschel's findings. That translation with its precious notes soon became a greater rarity than the German original.

To see the significance of Lambert's cosmology more was needed than observing nebulae by the thousands. Nebulae had first to be recognized as basic building blocks of a universe interpreted in such a way as to make cosmology a scientifically consistent discourse about the totality of consistently interacting things. That totality certainly cannot be infinite in the homogeneous Euclidean sense. In all likelihood it is a totality of a finite amount of matter[83]. The structuring of that finiteness in space and time, or rather as it structures space and time, appears to be more strikingly singular with every major advance made in unfolding the implications of the cosmological principles of general relativity. Between the dark regents of Lambert and the black holes of modern relativistic cosmology, to say nothing of the Black Hole into which the entire universe may turn should its present expansion reverse itself, there is at best a vague though not uninteresting analogy[84]. Unquestionably, both dark regents and black holes disclose something exceedingly singular about the universe. It is the sighting of that singular character of the universe which is equivalent to bringing cosmology to its most instructive watershed, because from there one can see beyond the universe itself[85], a prospect certainly to the liking of Lambert.

The prospect had a firm foundation in the strikingly singular character of the universe which Lambert conjured up in the *Briefe*. True, it was permeated with ideas championed by Leibniz and Wolff, ideas that somehow suggested that the world can only be what it is. Principal among them was the idea of sufficient reason, or rather an overconfidence about a specific pattern of rationality that seemed to suffice for all reasonable requirements. Although a concise objection to the Leibnizian sufficient reason, which was carried far and wide on the pages of the *Encyclopédie*[86], failed to do justice to what is the deepest aspect of contingency, the objection, that Leibniz's idea of sufficient reason makes the actual universe a necessarily existing universe, was symptomatic of a sensitivity inherited from traditional Christian philosophy anchored in the doctrine of creation. It is still indeed the philosophically most sensitive and scientifically most decisive issue in cosmology whether the universe is necessarily what it is or is merely one of an infinite number of equally plausible and reasonable possibilities.
Some generic reasoning of Lambert in the *Briefe* about the ground plan, perfection, fulness, and goodness of the universe could at times appear to steer his cosmology toward those shallows where the depths of the contingency of the universe could no longer be suspected. Whereas on occasion his cosmological dicta could justify the objection made in the *Encyclopédie*, this was hardly conceivable when one was looking at the

specific totality and details of the universe as described by him. The universe as a flattened disk, with a colossal dark regent in its center, surrounded by a system of galaxies and of stars, all disk-like, all with a regent in their centers, and all the less encompassing the farther they are from that center, such a universe could hardly appear as a construct existing necessarily as the exclusive form of cosmic existence. Such a universe clearly displayed its contingency, that is, its radical dependence on a Creator who as such can never be a *Dieu fainéant*.

That perspective was certainly in conformity with Lambert's deepest convictions, and he undoubtedly intended it to be a message of the *Briefe*. It should have shocked the Voltairian Berlin, but the *naïveté* with which Lambert excluded all major change and evolution from the cosmos could only create the impression that the *Briefe* offered a weird version of that cosmic Voltairian clockwork which once put together would run forever. Thus it happened that while in the Voltairian Berlin Lambert shocked with his firm and plain Christian faith the academicians and the ones standing in uninformed awe of them, he did not impress them with the hierarchical singularity and finiteness of his universe although they were evidences of a contingency that pointed to a Creator and not merely to that *Dieu fainéant* which Voltaire and other deists desperately tried to retain on the scene.

Unlike the Euclidean infinite homogeneity, which can easily hide its singularity from the eyes of the unwary, a hierarchical finite universe cannot be anchored in the limbo of vague, natural looking assumptions that distract from the contingency pervading the cosmos always and everywhere. Whether the universe of galaxies is hierarchically organized remains to be seen[87]. What will undoubtedly remain, as scientific cosmology continues its spectacular advances, is the strikingly singular appearance of the universe and the inability of cosmologists to trace any stage of that singularity except to another, even more fundamental and more strikingly looking singularity. Cosmology will reach not another of its watersheds but its highest peak when all cosmologists will part both with the mirage of an *a priori* derivation of the frame of the cosmos[88] and with the futility of taking refuge in an infinite regress from one cosmic singularity to another.

S. L. J.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 « Account of some Observations tending to investigate the Construction of the Heavens », in *The Scientific Papers of Sir William Herschel*, edited by J. L. E. DREYER (London: The Royal Society and the Royal Astronomical Society, 1912), vol. I, p. 157.

2 Among the reasons were pantheism and anti-clericalism, both quite flourishing in the second half of the nineteenth century. For details, see my introduction to my translation of BRUNO's *La cena de le ceneri*, or *The Ash Wednesday Supper* (The Hague: Mouton, 1975).

3 See the partial translation of KEPLER's *Epitome astronomiae copernicanae* in *Great Books of the Western World, Volume* 16 (Chicago: Encyclopedia Britannica, 1952), p. 886.

4 SALVIATI, GALILEO's spokesman in the *Dialogue concerning the Two Chief World Systems* (translated with revised notes by Stillman Drake; Berkeley: University of California Press, 1962), states that there can be no infinitely distant stars (p. 290), that both the finiteness and infinity of the universe have so far been undemonstrated (p. 319), that the distances of

stars varied (some are three times as far from us as others), and that therefore they can be pictured as confined within two imaginary spheres (p. 382). SIMPLICIO, who advocated the geocentric viewpoint, was more than willing to accept the model of spherical shell (*ibid.*). DRAKE's remark (p. 493) that SALVIATI's reference to the unboundedness of the universe represented a « very dangerous ground for GALILEO to tread; (because) GIORDANO BRUNO's conviction and execution had depended largely upon his having espoused the view that the universe was infinite » is a misconstruction of SALVIATI's approach to the question of infinity and reveals a thorough misinformation about BRUNO's denial of practically every article of Christian creed which includes no proposition about the finitude or infinity of the universe. Finally, DRAKE's remark conflicts with Galileo's advocacy of circular inertial motion for the stars.

5 *Astro-theology* (London: W. Innys, 1715), p. 57.

6 See Appendix K, « Descartes on the Infinite and the Indefinite », in A. KOYRÉ, *Newtonian Studies* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1965), pp. 192-94, where DESCARTES is also quoted stating with reference to the « Cardinal of Cusa and several other Doctors » that there was no incompatibility between Christian belief and belief in the infinity of the world.

7 *Pascal's Pensées*, translated by W. F. TROTTER with an introduction by T. S. ELIOT (New York: E. P. Dutton, 1958), p. 23.

8 A. KOYRÉ, *From the Closed World to the Infinite Universe* (New York: Harper and Brothers, 1958), p. 276.

9 For further discussion and details, see my *The Milky Way: An Elusive Road for Science* (New York: Science History Publications, 1972), pp. 103-05.

10 See *ibid.*, p. 119.

11 See *ibid.*, p. 154.

12 In his « Observations of the Appearances among the Fix'd Stars, called Nebulous Stars » (*Philosophical Transactions* 38 [1733-34]: 70-74) DERHAM stated that those nebulous patches represented vast areas of light « infallibly beyond the Fix'd Stars and devoid of them » (p. 73) and called those areas the Third Heaven. The infinity of the universe and the finiteness of the realm of stars are both endorsed in HUYGENS' *Cosmotheoros* first published in 1698 (see English translation, *The Celestial Worlds Discover'd* (London: Timothy Childe, 1698), p. 156). In his *Astronomical Principles of Religion, Natural and Reveal'd* (London: J. Senex, 1717) WILLIAM WHISTON contrasts the « vast visible system of the universe », which is the sole concern of science, with the « unfathomable abys of infinite extramundane space » (p. 122).

13 See NEWTON's second letter to Bentley, in *The Works of Richard Bentley*, edited by A. DYCE (London: Francis Macpherson, 1838) vol. III, pp. 208-09.

14 BENTLEY's perfectly sound statement in his *Confutation of Atheism*, or according to its original title, *Eight Sermons Preached at the Honourable Boyle Lectures in the First Year MDCXCII*, that an infinite, universe of homogeneously distributed stars represented « an equal attraction on all sides of all matter » and was equivalent « to no attraction at all » (*The Works of Richard Bentley*, vol. III, p. 171) was not quoted by Koyré in his analysis of the Bentley-Newton dispute in his *From the Closed World to the Infinite Universe*. KOYRÉ, however, provided no justification for the characterization of Bentley as an « intolerant divine » by S. BOCHNER in his article « Infinity » (*Dictionary of the History of Ideas* (New York: Charles Scribner's Sons, 1968-72), vol. II, pp. 604-17) in which the second part dealing with infinity in natural philosophy is an unjudicious summary of some of the main points made by KOYRÉ in his work quoted above.

15 For the text of those papers and a discussion of their contents and background, see my *The Paradox of Olbers' Paradox* (New York: Herder and Herder, 1969), pp. 72-83. and 249-52. M. HOSKIN, who found the evidence in the Journal of the Royal Society of Newton's presence as chairman when Halley read his papers, conjectured that Newton might have fallen asleep. See Hoskin, « Dark Skies and Fixed Stars », *Journal of the British Astronomical Association* 93 (1972): 260.

16 *Oeuvres de Maupertuis* (Dresden: chez George Conrad Walther, 1752), pp. 37-38.

17 For this and the subsequent quotations from MAUPERTUIS' *Discours*, see *Oeuvres*. pp. 85-87.

18 Derham reached that conclusion in his article quoted in note 12 above.

19 See my *Planets and Planetarians: A History of Theories of the Origin of Planetary Systems* (Edinburgh: Scottish Academic Press, 1977), pp. 128-30, with further details on LAPLACE's arbitrary utilization of various discoveries of Herschel on behalf of his nebular hypothesis.

20 « On the Construction of the Heavens » (1785), in *Scientific Papers*, vol. I, p. 223.

21 For further details, see my *The Milky Way*, pp. 195 and 214.

22 See *ibid.*, p. 216.

23 Translated with an introduction and notes by STANLEY L. JAKI (New York: Science History Publications; Edinburgh: Scottish Academic Press, 1976).

24 As reported in the first and still useful biographical essay on LAMBERT, « Johann Heinrich Lambert's Leben », by M. GRAF, in D. HUBER (ed.), *Johann Heinrich Lambert nach seinem Leben und Wirken aus Anlass der zu seinem Andenken begangenen Secularfeier in drei Abhandlungen dargestellt* (Basel: Schweighausersche Buchhandlung, 1829), p. 35.

25 As noted by HOSKIN in his introduction to the reprint edition of WRIGHT's *Original Theory*, p. xxxii.

26 In quoting in German translation more than half of that review (*Nova acta eruditorum*, 1745, pp. 224-26) KANT apologized for not having at hand the *Discours* itself. He must have read it during his nine-year-long tutorship away from Königsberg where he returned in late 1754 with the manuscript of the *Allgemeine Naturgeschichte* ready for printing.

27 Ever since HELMHOLTZ gave in 1854 a glowing though both historically and scientifically misleading account of KANT's theory of the evolution of the solar system, it has become a cliché with historians and philosophers of science, to say nothing of Kant's admirers, to speak of the scientific genius in KANT. Far more reliable, though still unappreciated is the devastating evaluation of KANT's theory given in 1924 by C. V. L. CHARLIER. For details, see my *Planets and Planetarians*, pp. 136-37 and 148.

28 This emphatic assertion of the infinity of the physical universe could not make an impact during the latter half of the eighteenth century for two reasons. One was the impounding of most copies of KANT's work shortly after publication owing to the bankruptcy of the publisher, the other was Kant's discussion in the *Critique of Pure Reason* of four antinomies one of which was the undecidability of the question whether the universe was finite or infinite.

29 KANT's statement is too clear to permit the restriction of its meaning, as A. O. LOVEJOY would have it (*The Great Chain of Being*, New

York: Harper Torchbooks, 1960, p. 365), to the « fixed stars that already exist and are visible to us ». As LOVEJOY clearly perceived, the idea of eternal returns thoroughly undermined any programmatic belief in unlimited progress.

30 MAUPERTUIS did so at the very end of his « Lettre sur le progrès des sciences » (1752); see *Oeuvres*, pp. 351-52.

31 See HOSKIN's introduction to WRIGHT's *Original Theory*, p. xxviii.

32 See, for instance, the concluding remarks of G.M. SOMER in his introduction to his translation of three major papers of HERSCHEL on the construction of the heavens under the title, *William Herschel über den Bau des Himmels* (Königsberg: bei Friedrich Nicolovius, 1791), pp. xi-xii. This translation is better remembered by its being printed together with extracts from KANT's *Allgemeine Naturgeschichte* edited by J. F. GENSICHEN according to Kant's specifications. Part of SOMER's remarks is repeated almost verbatim by the anonymous translator of EMANUEL KANT, *Essays and Treatises on Moral, Political, and Various Philosophical Subjects* (London: printed for the translator and sold by W. Richardson, 1798-99), vol. II, p. 331.

33 « On the Direction and Velocity of the Motion of the Sun and Solar System », in *Scientific Papers*, vol. II, p. 318.

34 HERSCHEL did not specify which of the two editions he had consulted. The 1770 edition did not carry Lambert's name on the title page.

35 See « Mérian (Jean-Bernard) » in *Biographie universelle, ancienne et moderne*. Tome Vingt-huitième (Paris: L. G. Michaud, 1821), pp. 371-72.

36 In 1795 HERSCHEL felt himself « authorized upon astronomical principles to propose the sun as an inhabitable world » and he did so in a paper « On the Nature and Construction of the Sun and fixed Stars »! See *Scientific Papers*, vol. I, p. 479. Six years later he described the sun « as a most magnificent habitable globe » in a paper presenting his « Observations tending to investigate the Nature of the Sun » (*ibid.*, vol. II, p. 147).

37 The interest of the translator, A. DARQUIER, astronomer of Toulouse, in LAMBERT has been carefully studied in a special essay by R. JAQUEL, whose meticulous researches on LAMBERT are now available in his *Le savant et philosophe mulhousien Jean-Henri Lambert* (1728-1777): *Études critiques et documentaires* (Paris: Editions Ophrys, 1977). See especially pp. 141-53.

38 The translation, *The System of the World* (London: printed for Vernor and Hood... by J. Cundee, 1800), was probably made from the second edition of MERIAN's abridgment as it carried LAMBERT's name on the title page. The translator, JAMES JACQUE ESQ., is as elusive as are copies of his translation. Prof. JAQUEL has kindly informed me that a Russian translation of MERIAN's abridgment was published in St. Petersburg in 1797.

39 For those excerpts, see M. K. MUNITZ (ed.), *Theories of the Universe: From Babylonian Myth to Modern Science* (New York: Free Press, 1957), pp. 250-63. The German-speaking world was somewhat better served with about two-thirds of the *Briefe* reprinted in F. LÖWENHAUPT (ed.), *Johann Heinrich Lambert: Leistung und Leben* (Mülhausen (Els.), Braun & Co., 1943), pp. 64-108.

40 *Cosmological Letters*, p. 160.

41 *Ibid.*, Preface, p. 47. MUNITZ's claim that LAMBERT in the *Briefe* worked out the idea of a hierarchically organized « single infinite universe » (*op. cit.*, p. 145) conflicts not only with the *Briefe*, but also with LOVEJOY's acknowledgment in his widely read *The Great Chain of Being* (pp. 139-40) that for LAMBERT spatial infinity seemed « to involve the inadmissible conception of a realized infinite number ».

42 For a text of CHÉSEAUX's paper and for a discussion of its contents and background, see my *The Paradox of Olbers' Paradox*, pp. 84-93 and 253-55.

43 *De stella nova in pede Serpentarii* (1606) cap. xxi, where KEPLER also notes that the infinity of the universe was asserted in a roundabout way by GILBERT in his *De magnete*.

44 Première Partie, chapitre I, in *Oeuvres complètes de Voltaire* (Paris: Garnier Frères, 1877-82), vol. XXII, p. 403.

45 *Oeuvres*, vol. XIX, p. 457.

46 See « Infini » in vol. VIII (1765), p. 702.

47 Actually, there is no article on « Univers » in the *Encyclopédie*, not even in its Supplément. The very brief article « Monde » in vol. X (1765) deals with geography. In the article « Étoiles » in vol. VI (1756) it is stated that stars are most likely not equidistant from the earth and that planets around them are most likely inhabited.

48 Among the many who published pamphlets and books on that comet were CHÉSEAUX and MARTIN KNUTZEN, professor at Königsberg when KANT studied there.

49 For details, see my *Planets and Planetarians*, pp. 87 and 96.

50 *Oeuvres de Maupertuis*, p. 204.

51 The role of comets in the cosmology of LAMBERT, who in 1761 published an excellent treatise on computing cometary orbits, is fully treated in « Jean-Henri Lambert (1728-1777) et l'astronomie cométaire au XVIIIe siècle » by R. JAQUEL and is reprinted in his collected essays on LAMBERT. See note 37 above.

52 The Table was first published in 1705. Since, as LAMBERT correctly saw, five of the entries referred to two comets, the effective number of entries was twenty-one.

53 On these modern computations, see N. B. RICHTER, *The Nature of Comets*, translated by A. BEER, with an introduction by R. A. LYTTLETON (London: Methuen, 1963), p. 5.

54 *Cosmological Letters*, p. 129, where LAMBERT speaks of a size « almost as big as the sphere of influence of our sun, or the whole extent of our solar system ».

55 LAMBERT stated explicitly only about the local system of stars and of the Milky Way that they resembled a flat disk. See *Cosmological Letters*, pp. 116 and 124.

56 Of the four drawings that concluded LE GENTIL's « Remarques sur les étoiles nébuleuses » (*Mémoires de l'Académie des Sciences. Année MDCCLIX*, Paris: Imprimerie Royale, 1765, p. 471), two were reproductions of drawings made by HUYGENS and PICARD, and two were based on observations made by LE GENTIL in 1752 and 1758 respectively.

57 Such a comparison was being carried out at that time by TOBIAS MAYER in Göttingen. His preliminary results were taken by LAMBERT for a convincing evidence.

58 There were some notable exceptions, such as VOLTAIRE and SAMUEL JOHNSON.

59 A. FARRER's remark in his introduction to E. M. HUGGARD's translation of LEIBNIZ's *Theodicy: Essays on the Goodness of God, the Freedom of Man, and the Origin of Evil* (New Haven: Yale University Press, 1952), p. 8.

60 Quoted in *Cosmological Letters*, p. 22.

61 See *Theodicy*, pp. 371-72.

62 *Cosmological Letters*, p. 160.

63 Livre III, chap. vi; see edition by J. BRUNSCHWIG (Paris: Garnier-Flammarion, 1966), pp. 264-66.

64 The number of French and German translations of the *Essay* « during the first hundred years or more of its existence » is given as 16 and 24 respectively in M. MACK's introduction to his edition of *An Essay on Man* (London: Methuen, 1951), p. xli.

65 *Ibid.*, pp. 44-46 with variants and notes.

66 For details, see A. HARNACK, *Geschichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (Berlin: Reichsdruckerei, 1900), vol. I, pp. 404-06.

67 It may be recalled that Kant planned to dedicate the *Critique* to LAMBERT, who died four years prior to its publication in 1781.

68 In that chapter LAMBERT explored the possibilities of a long-standing hope to formulate a function generating all prime numbers.

69 Quoted in *Cosmological Letters*, p. 207. Three years later, about the time of the publication of the *Anlage*, LAMBERT wrote to KAESTNER in Göttingen that one of the results of his researches in logic « which will not please ungeometrical metaphysicians, though will remain true just the same, is that no matter how much attention a metaphysician or a philosopher gives to putting in order and to connecting his abstract ideas, all will remain there in complete confusion until he develops them to the point where the mathematician can immediately apply the calculus, the rule, and the compass ». See K. BOPP, « J. H. Lamberts und A. G. Kaestners Briefe » in *Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften*, 1928. 18. Abhandlung (Berlin: Walter de Gruyter, 1928), p. 29. In the preface of his *Beschreibung und Gebrauch einer neuen und allgemeinen ecclipticschen Tafel...* (Berlin: im Verlag der Realschulbuchhandlung, 1765) LAMBERT referred to an eventual formulation of a universal method the use of which would make philosophers, theologians, moralists, and politicians as much of one mind as are mathematicians and astronomers, so that « a uniform way of thinking and belief may thereby be introduced in the world ».

70 *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres. Année MDCCLXIII* (Berlin: Haude et Spener, 1770), pp. 421-38.

71 NEHEMIAH GREW's *Cosmologia sacra* (1701), the first book to carry the word cosmologia in its title, dealt with biblical matters not with scientific topics.

72 « Observations sur quelques dimensions... », p. 430.

73 Published in 1758 and 1759 in The Hague by two different publishers.

74 *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae* (Augsburg: sumptibus viduae Eberhardi Klett, 1760), p. 42.

75 Quoted in « Joh. Heinrich Lambert von Mühlhausen » by R. WOLF in his *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz. Dritter Cyclus* (Zurich: Orell, Füszli & Co., 1860), p. 335.

76 *Ibid.*

77 See note 42 above.

78 *Photometria*, p. 505.

79 *Ibid.*

80 *Ibid.*

81 Documented and discussed in Chapter VIII, « The Myth of One Island », of my *The Milky Way*.

82 To the translation of DARQUIER. See note 37 above.

83 Although in the section dealing with the cosmological consequences of his theory of general relativity EINSTEIN himself proposed a cylindrical space-time model in which the total matter could be infinite, it was not, according to his own words, to be taken seriously.

84 The analogy becomes quite interesting historically if one makes the rather plausible assumption that Lambert's notion of dark regents prompted LAPLACE's speculations about stars made opaque by their gravitational fields, speculations that are often recalled in recent discussions of the physics of black holes.

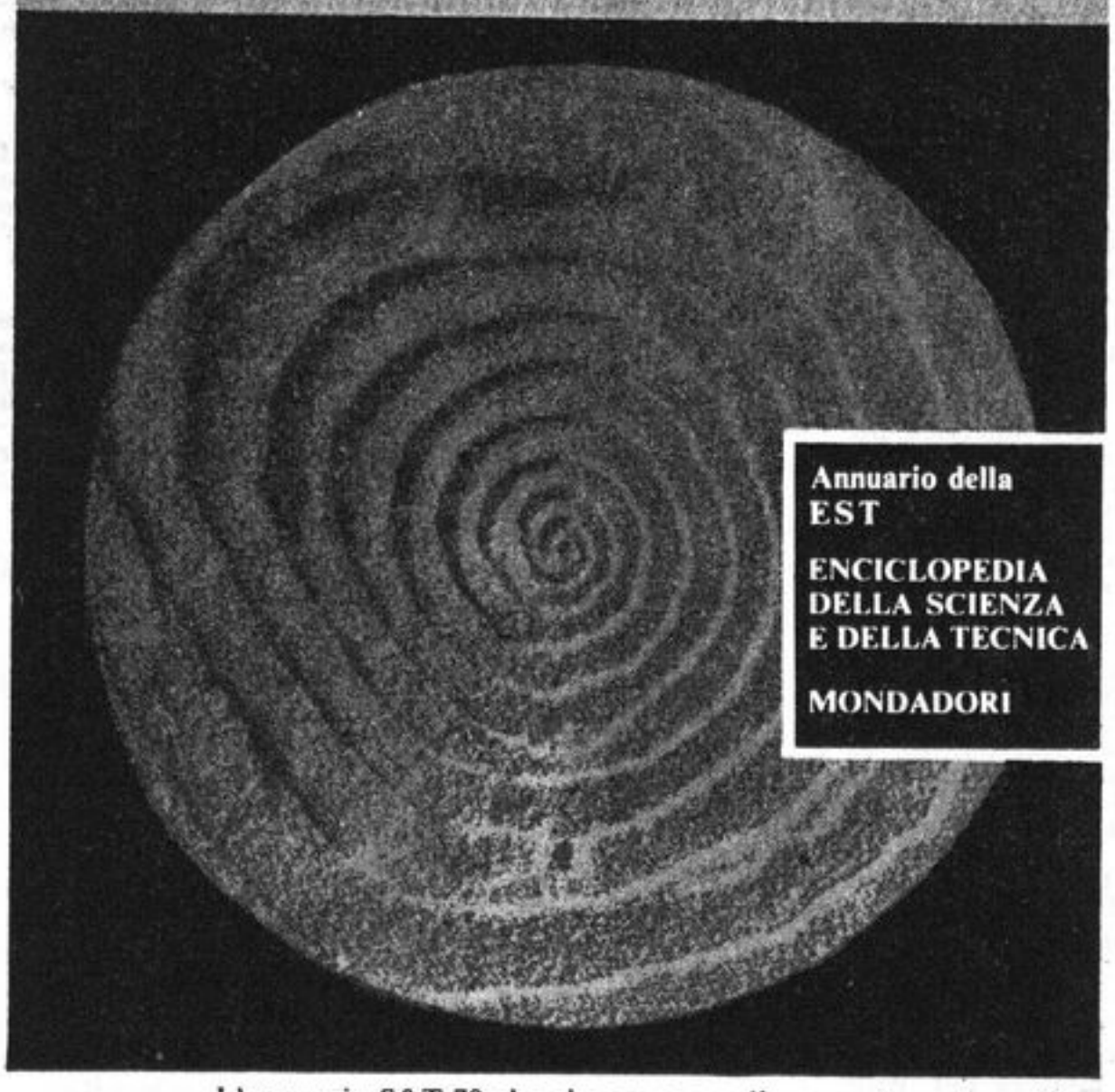
85 I further developed this aspect of the bearing of scientific cosmology on philosophical cosmology in chapter 17 of my Gifford Lectures, *The Road of Science and the Ways to God* (Chicago: University of Chicago Press; Edinburgh: Scottish Academic Press, in press).

86 « Suffisante raison » in *Encyclopédie*, vol. XV (1765), pp. 634-35.

87 The evidence for a hierarchical organization of galaxies and supergalaxies does not seem to have progressed much beyond that tentative stage in which it is found in G. DE VAUCOULEURS' article, « The Case for a Hierarchical Cosmology » *Science* 167 (1970), pp. 1203-13.

88 These a priori derivations, insofar as they are highly mathematical, cannot have, owing to GODEL's incompleteness theorem, their proof of consistency within themselves. Their truth therefore rests with experimental and observational data about which no cosmologist can ever say that he has them all.

SCIENZA & TECNICA | 78



NOVITÀ

È l'undicesimo volume della serie di annuari che si affiancano all'**Enciclopedia della Scienza e della Tecnica (EST).**
Ciascun annuario costituisce un'opera autonoma, ma la serie dei volumi **S&T** compone anche una sorta di 'enciclopedia parallela' alla **EST** non solo perchè ne approfondisce e ne aggiorna la tematica entro il già vasto campo delle scienze sperimentali e deduttive, ma anche perchè ne amplia le sfere d'indagine, dalle scienze della natura alle scienze dell'uomo e alle scienze sociali.

L'annuario S&T 78 che si apre come di consueto con una "Rassegna degli avvenimenti", dedica le sequenze dei contributi monografici alle ricerche in campo astronomico e della fisica fondamentale; a quelle sulle teorie e applicazioni di reazioni catalitiche e enzimatiche; alle nuove indagini sulla preistoria; agli ultimi orientamenti di ricerca sui materiali; alle alternative fra tecnologie avanzate e tecnologie appropriate. Inoltre in S&T 78 è pubblicato il testo completo del **PROGRAMMA ENERGETICO NAZIONALE** a cura della Direzione generale per le fonti di energia del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato.

EDIZIONI SCIENTIFICHE E TECNICHE MONDADORI

Lambert e lo spartiacque della cosmologia

STANLEY L. JAKI
Seton Hall University, South Orange (N. J., USA)

« Fin qui, in maniera non inadeguata rispetto al fine proposto, i cieli stellati sono stati rappresentati come la superficie concava di una sfera, al centro della quale si può supporre che si trovi l'occhio di un osservatore ». Così scriveva Herschel nel 1784, nel primo dei suoi due grandi saggi in cui prende in considerazione la costruzione del regno delle stelle[1]. Il fine in questione era quello di interpretare il moto del Sole, della Luna e dei pianeti sullo sfondo delle stelle. A lungo, nei tempi precedenti la epoca in cui Herschel scriveva, molto di quanto si diceva, a proposito del regno delle stelle, implicava che esso formasse una volta: e questo anche dopo che era stata ormai abbandonata la concezione geocentrica. Copernico semplicemente suggeriva l'immensa profondità del regno stellare, e Thomas Digges, pur non avendo assegnato ad esso dei limiti, nel suo famoso diagramma dell'universo copernicano, non ne adduceva le ragioni. La panteistica difesa bruniana dell'infinità dell'universo trovò risonanza e consensi in misura degna di nota solo secoli più tardi, e anche allora raramente per ragioni scientifiche[2]. Non trovò eco la affermazione di Keplero, secondo cui le stelle sarebbero state racchiuse entro i confini di un guscio sferico, reale benché etereo, dello spessore di 2000 miglia tedesche[3]. Né riuscirono a stimolare la discussione le osservazioni di Galileo nel *Dialogo*, dove lo spessore di quello stesso strato — ora immaginario — era lasciato indeterminato[4]. Sebbene, da Huygens in poi, fossero state fatte delle stime della distanza delle stelle più luminose, e sebbene l'incapacità di determinare parallassi stellari — malgrado il continuo miglioramento dei telescopi — fornisse stime sempre più accurate della distanza minima delle stelle, anche di quelle apparentemente più vicine, poco o nulla si speculava sull'effettiva disposizione delle stelle, l'una rispetto alle altre. Circa una generazione dopo Huygens era solito affermare (come faceva Derham, per esempio) che le stelle erano ordinatamente disposte come un esercito, e non dire nulla di specifico su questo loro ordinamento[5]. Dietro questa incongruenza stava un atteggiamento di perplessità, che non fu sufficientemente messo in evidenza, mentre ciò che ne costituiva l'origine, l'idea di una estensione infinita, andava guadagnando popolarità.

Le molle fondamentali che muovevano questo processo erano l'epistemologia e la meccanica cartesiana. La nuova definizione della realtà fisica come estensione omogenea tridimensionale, non implicava l'esistenza di limiti e, benché non fosse un sostenitore dell'infinità dell'universo[6], Cartesio fu sicuramente il portavoce dell'idea di una estensione illimitata, idea che cominciò ben presto ad apparire l'unica alternativa ragionevole all'universo aristotelico, chiuso e sferico, con le sue regioni celesti necessariamente in moto circolare. In effetti, l'estensione infinita divenne presto sinonimo di intelligibilità, e quello di rivestire questa intelligibilità di proprietà ontologiche non fu che un naturale passo ulteriore. Dietro l'osservazione di Pascal, che Cartesio avrebbe messo Dio nella sua cosmologia, solo per

fargli dare un buffetto al tutto, sta l'infallibile percezione pascaliana della possibilità che avrebbe la nozione cartesiana di estensione illimitata di svolgere il ruolo di Essere Primo[7]. Pascal fu miglior profeta di quanto lui stesso non avrebbe osato immaginare. La nozione di un universo stellare euclideo, omogeneo ed infinito, era in attesa dietro le quinte, sottilmente in odore di divinità, quando More, Newton e altri affermarono che lo spazio infinito era « *sensorium divinitatis* », senza sospettare che la struttura logica della loro affermazione non richiedeva niente di meno che il trasferimento finale delle proprietà ontologiche di Dio all'infinita ed omogenea realtà fisica e, per ricordare un'osservazione di Koyré, l'uscita di scena di un *Dieu fainéant*[8].

L'opzione per una caratterizzazione della realtà fisica come infinità euclidea non fu priva, ovviamente, di benefici ed importanti influssi per la scienza. Certamente fu vantaggioso per la fisica che Cartesio (a differenza di Galileo, che professava l'antica opinione secondo cui le stelle dovrebbero muoversi di moto circolare), con un occhio all'infinito euclideo, togliesse ogni limitazione spaziale alla validità del moto rettilineo inerziale. L'adozione dell'idea di un infinito omogeneo agì tuttavia come paraocchi quando si trattò di guardare al regno delle stelle. Anche ad occhio nudo la distribuzione delle stelle appare ben lontana dall'uniformità. Galileo, che per primo diresse un telescopio verso le stelle, non mancò di notare che esse sono straordinariamente più numerose nella Via Lattea che altrove. Già nel *Sidereus nuncius*, dove annunciava questa scoperta come se non fosse stata già conclamata molte volte per l'innanzi, non dedicava alla Via Lattea più di una dozzina di righe; né è riservato più spazio ad alcune nebulose in cui aveva notato lo stesso addensarsi di stelle[9]. Abbastanza significativamente, Descartes e Newton, due grandi sostenitori, se non di un universo omogeneo infinitamente vasto, sicuramente almeno di un concetto di moto inerziale che è ad esso affine, non affrontarono il tema della Via Lattea[10]. Descartes non aveva posto per essa nel suo grandioso resoconto dello sviluppo meccanico dell'universo e Newton stimò che valesse la pena di menzionare la Via Lattea solo a titolo di illustrazione della bianchezza delle code delle comete. La sua procedura è tanto più lampante, in quanto l'unica riga stampata a proposito della Via Lattea fa parte del terzo libro dei *Principia*, intitolato *Il sistema del mondo*[11], sistema che però, nella sostanza, era equivalente al sistema dei pianeti.

Al di là di questo mondo, confinato al sistema dei pianeti, sta un altro regno, l'universo delle stelle, del quale ancora — a dispetto della sua immensità — non si parlava come di qualcosa di infinito. Quando nel 1733 Derham ebbe a riferirsi alla nebulosa di Orione e ad altre nebulose come aperture nei probabilmente infiniti cieli empirei, proclamava un punto di vista che si era già visto ripetutamente espresso nelle pubblicazioni astronomiche apparse nei precedenti cinquant'anni circa[12]. L'universo delle stelle, secondo tale punto di vista, per quanto immenso, era un regno finito in uno spazio propriamente infinito. Fu in questo tempo che l'attenzione fu diretta alle caratteristiche paradossali di un regno infinito di stelle distribuite omogeneamente, ma ciò non portò ad alcuna concezione significativa. Quando Bentley privatamente gli ricordò come la gravitazione fosse priva di senso in tale regno stellare, Newton, un po' altezzosamente, gli consigliò di migliorare la sua abilità nell'addizionare e sottrarre infiniti[13]. Newton tuttavia non sollevò obiezioni ufficialmente, a stampa, quando ebbe a vedere, a partire dal 1693, nelle molte riedizione delle *Boyle Lectures* di Bentley, come la finitezza dell'universo vi fosse sottolineata sulla base del paradosso gravitazionale implicito nell'ipotesi di una infinità di stelle distribuite omogeneamente[14]. Di nuovo, Newton non prestò attenzione quando — lui presente — Halley, alla Royal Society, nel 1720 affrontò il paradosso ottico di un universo stellare infinito. Né si preoccupò di stendere una breve nota, quando vide pubblicata nelle *Philosophical*

Transactions[15], rimaneggiata, la soluzione di Halley al paradosso. Chiaramente, la convinzione dell'infinità dell'universo implicava una dicotomia nel pensare ad esso. Le stelle, in quanto elementi costitutivi di questo universo, non erano in discussione, e l'espressione 'sistema del mondo' restava opportunamente ristretta al sistema dei pianeti.

Alla metà del diciottesimo secolo — giusto nel 1750 — apparve il libretto di Maupertuis, *Essai de cosmologie*, che in prevalenza era un'interpretazione filosofica di alcune leggi della fisica, ma la cui seconda parte era cosmologica in senso scientifico. Il suo titolo, *Abrégé du système du monde*, era appropriato anche nel senso che sosteneva una 'riduzione' dell'universo al sistema dei pianeti. La scelta del titolo da parte di Maupertuis può sembrare ancora più deludente, dal momento che nelle ultime due pagine di questo *abrégé* egli si avventura a dire qualcosa non solo delle stelle fisse, ma anche delle cosiddette stelle nebulose che si cominciava a identificare, e che egli prese per stelle con densa atmosfera[16]. Si trattava di un vero regresso rispetto a quanto lo stesso Maupertuis aveva detto nel 1732, nel suo *Discours sur les différentes figures des astres*. Nel sesto degli otto capitoli di quel volume, Maupertuis discuteva delle stelle nebulose, e la sua prima osservazione era che un materiale fluido in rotazione deve formare « stelle molto appiattite, di forma simile a una macina, che appartengono o alla classe delle stelle o a quella dei pianeti, a seconda che il materiale di cui sono costituite sia luminoso in se stesso, oppure opaco e in grado di riflettere la luce »[17]. Maupertuis aggiungeva che la materia di una qualunque simile macina celeste deve essere ovunque omogenea, oppure gravitare intorno a una stella di differente costituzione posta nel suo centro ». Laplace — che certamente aveva letto il *Discours* di Maupertuis, — non cita questa frase felice; a causa di questo comportamento poco corretto di Laplace, la concezione di Maupertuis è nota come anello laplaciano. Assai pregevole era anche l'osservazione di Maupertuis che, secondo la posizione di queste macine celesti rispetto a noi, la loro figura apparente potrebbe variare da una sfera (un disco) a un ovale molto appiattito. Ma Maupertuis non intendeva ascrivere la luminosità di queste stelle a forma di macina al risultato del fondersi insieme della luce di piccolissime stelle in esse contenute. Fra le ragioni, una era basata sulla conclusione di Derham, che la luminosità della nebulosa in Orione non potrebbe essere spiegata sulla base delle piccolissime stelle in essa visibili[18]. Un'altra delle ragioni di Maupertuis erano le scoperte di astronomi (che egli non nomina) che andavano osservando le stelle nebulose, per mezzo di telescopi di sempre migliore qualità. Così Maupertuis concludeva che queste « apparenze nebulose, non solo non sono causate dal gran numero di stelle che si immaginava vi si trovassero, ma addirittura non includono alcuna stella; e che esse non appaiono essere altro che grandi espansioni, ovali, luminose, o che una luce più chiara del resto del cielo ». Curiosamente, Maupertuis non trovò che l'argomento della Via Lattea fosse interessante per il suo libro, il cui sottotitolo prometteva una spiegazione delle « macchie luminose che sono state osservate nel cielo ». La cosmologia non avrebbe potuto essere più vicina al suo grande spartiacque e al tempo stesso così deludentemente lontana da esso.

Ancora a fine secolo Laplace poteva continuare ad ignorare l'importanza della Via Lattea e delle stelle in generale, in un libro che pretendeva di essere una *Exposition du système du monde*, senza peraltro discutere questo punto. Nessuno entrò in discussione con Laplace quando questi, a partire dalla terza edizione (1808), cominciò a parlare delle osservazioni di Herschel su migliaia di nebulose, in alcune delle quali egli scorgeva una conferma della sua teoria dell'evoluzione dei sistemi planetari[19]. Con non poca arbitrarietà, Laplace prese certe nebulose, che nemmeno i telescopi giganti di Herschel riuscivano a risolvere in raggruppamenti di stelle, per altrettanti proto-soli pronti a iniziare il processo di condensazione

che alla fine avrebbe determinato la nascita di un sistema di pianeti. È difficile pensare che Laplace non sapesse che Herschel considerava queste nebulose come entità di gran lunga superiori in dimensioni a dei proto-soli.

Benché preferisse sbagliare per eccesso che per difetto di speculazione[20], Herschel rimase sostanzialmente un osservatore. Le questioni cosmologiche di natura speculativa o teoretica non lo attraevano, ed evitò con ogni cura di entrare nella discussione sull'infinità o meno dell'universo. Le osservazioni, tuttavia, non gli offrivano alcun indizio nemmeno per risolvere il problema, se la Via Lattea avesse dei confini precisi. Quando per la prima volta ebbe a parlare della Via Lattea come di qualcosa di simile a un disco, e a stimare le sue dimensioni e l'enorme numero delle stelle in essa, era già dotato di telescopi giganti da qualche anno, e disponeva di una grande quantità di dati sulla variazione del numero delle stelle in diverse direzioni. Nel presentare nel 1785 la Via Lattea come la struttura dei cieli in forma di un disco piatto egli sapeva di aver eliminato per sempre la « volta » delle stelle e, pertanto, di aver aperto un nuovo, importantissimo capitolo nello studio del cosmo. Non sembra sapesse che la stessa conclusione (una di quelle conclusioni che segnano un'epoca) sulla Via Lattea, destinata a segnare lo spartiacque in cosmologia, era già stata raggiunta circa una generazione prima.

In effetti, fra il 1750 e il 1761, era stata raggiunta non in una ma in tre diverse occasioni, e per di più, in ciascun caso, non da un astronomo professionista — tanto meno da uno dei maggiori. Thomas Wright, Immanuel Kant e Johann Heinrich Lambert giunsero alla loro conclusione sulla base dell'evidenza a occhio nudo, un'indicazione del fatto che se mai un grosso risultato scientifico è giunto in ritardo, questo è proprio la spiegazione dell'apparenza visiva della Via Lattea. La spiegazione data da Wright nel 1750 nel suo *An Original Theory and New Hypothesis of the Universe* non era del tutto sodisfacente. Se le stelle, infatti, fossero disposte entro i confini di un anello o di uno strato sferico come — Wright pensava — non avrebbero quell'apparenza simile a fascia biancastra tipica della Via Lattea[21]. Un riassunto tedesco del libro di Wright, in cui lo strato sferico era menzionato solo di sfuggita, aiutò Kant a sviluppare (come era pressoché naturale) l'anello in un disco, ottenendo così il modello corretto, che Kant presentò nel 1755 nella sua *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*[22]. La stessa conclusione era già stata raggiunta e stilata su un foglio in quarto nel 1749 da Lambert, allora ventunenne, da poco assunto come tutore a Chur del figlio del Conte di Salis. Lambert rese di pubblico dominio la sua scoperta solo dodici anni più tardi, nelle *Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues*, ovvero *Lettere cosmologiche sulla costruzione dell'edificio del mondo*[23], senza aver avuto notizia del lavoro di Kant, che ebbe una circolazione piuttosto limitata.

Può darsi che Lambert parlasse della sua idea sulla Via Lattea in una di quelle chiare serate estive che era solito trascorrere in compagnia del conte e della sua famiglia, sedendo nei giardini. Il giovane tutore, di solito assorto nei suoi pensieri, entrava nella conversazione con osservazioni del tutto insolite, una delle quali (« ora in Spagna sta piovendo»), restò profondamente impressa nella memoria della Contessa[24]. Un'inferenza dalle condizioni del cielo notturno in Chur alle condizioni del tempo in Spagna in effetti può fare molta più impressione sulla maggior parte della gente di quanto non lo possa una nuova — per quanto corretta — teoria sulla Via Lattea. Né Wright, né Kant, né Lambert riuscirono a trasformare la loro spiegazione della via Lattea in un argomento di accalorata discussione. La loro spiegazione — così naturale, semplice, giunta tanto in ritardo — fu come l'arrivo di un esploratore a uno spartiacque che, sebbene di grande portata, appare tale solo in retrospettiva, dopo una attenta ricognizione di tutto il territorio.

Il libro di Wright si perdeva, alla fine, in bizzarre speculazioni su innumerabili Vie Lattee (tutte sferiche, poiché egli preferiva il modello 'a strato') come altrettante dimore infernali e celesti, con l'occhio onnipotente al loro centro. Egli non identificava regioni nebulari nel cielo come altre Vie Lattee, benché attribuisse il loro colore biancastro al grande numero di stelle in esse situato[25]. Il libro di Kant conteneva invece solo due notevoli ed altrettanto brevi elementi. L'uno era la sua spiegazione dell'apparenza visiva della Via Lattea, l'altro la sua identificazione di altre nebulose come altrettante Vie Lattee. Kant si riferiva alle idee di Maupertuis sulle stelle nebulose, come sono riportate in una recensione di tre pagine del *Discours*, apparsa sui *Nova acta eruditorum*[26], ma, forse per fortuna di Kant, la recensione non contiene l'enfatico rifiuto maupertuisiano dell'idea che la luminosità delle nebulose fosse dovuta alla presenza di molte stelle in esse contenute. La terza parte del libro di Kant è una presuntuosa specificazione delle caratteristiche fisiche, intellettuali e morali degli abitanti di ogni singolo pianeta, da Mercurio a Saturno. La parte principale del suo libro era una spiegazione — particolarmente errata e pretenziosa — su 'principi newtoniani' dell'evoluzione del sistema dei pianeti, spiegazione che, quasi ad ogni passo, rivela la superficiale frequentazione kantiana di Newton e della fisica[27]. Il lato dilettantesco del Kant cosmologo-fisico si rivela anche in quell'organizzazione gerarchica che egli assegna all'universo, enfaticamente dichiarato infinito[28]. Questa organizzazione implicava un centro assoluto, che Kant cercava di riconciliare con l'infinito euclideo sulla base della non contraddittorietà fisica, anche se non geometrica, di tale centro. Kant non riesce a rendersi conto del fatto che la stella più centrale del suo universo avrebbe dovuto avere massa e luminosità infinita. Né egli si preoccupa di spiegare perché non si dovrebbe osservare alcunché delle stelle, estremamente luminose e pesanti, che egli postula al centro della Via Lattea, di altre galassie e delle supragalassie di ogni ordine superiore. L'universo kantiano, infine, completamente evoluzionistico, era anche soggetto a cicli senza fine di nascite e rinascite[29]. Questa è la prima evidenza notevole, nei tempi moderni, di un'idea implicante che l'universo sia un *perpetuum mobile*. Può risultare interessante notare come, solo pochi anni prima, Maupertuis avesse dichiarato che l'idea di macchine a moto perpetuo era altrettanto poco degna di fede di quella della quadratura del cerchio[30]. Le società scientifiche seguirono il suo consiglio e rifiutarono saggi su ambedue i soggetti, ma ancora debbono rendersi conto della perenne futilità di teorie cosmologiche, secondo le quali l'universo sarebbe una macchina a moto perpetuo.

Per quanto riguarda il lavoro di Wright, una copia apparteneva alla biblioteca di Herschel, ma non c'è alcuna prova sicura che dimostri una qualche influenza del contenuto del libro sul raggiungimento, da parte di Herschel, della spiegazione corretta della Via Lattea[31]. Di Kant, Herschel non fa mai menzione nei suoi scritti, benché nell'ultimo decennio del Settecento, poco dopo che Kant aveva improvvisamente raggiunto la celebrità come filosofo, tanto in Germania quanto in Inghilterra, molti sforzi fossero fatti per esaltare il Kant scienziato, che con il semplice esercizio della sua ragione aveva derivato il vero modello della struttura dei cieli, decenni prima che Herschel lo potesse scoprire solo coi suoi telescopi giganti[32]. Per quel che riguarda l'opera cosmologica di Lambert, Herschel la citò brevemente nel suo saggio del 1805 sul moto e la velocità del sole e del sistema solare. Questa citazione dimostra sicuramente la cautela di Herschel nella speculazione — nonostante la sua dichiarata preferenza per essa. Da un lato egli ammetteva che il moto dei satelliti intorno ai pianeti, e di questi intorno al Sole, « può suggerire l'idea di un ulteriore moto di quest'ultimo intorno a qualche centro sconosciuto », e « che si deve ammettere che il moto del sole stesso è almeno un fatto davvero possibile »[33]. Ma, in mezzo a queste due ammissioni, è condensato un poco lusinghiero apprezzamento di quanti « amano indulgere a fantasiose concezioni sui cieli »

e « costruire un sistema su ipotesi sia pur non prive del tutto di una qualche plausibilità in loro favore ». A titolo d'esempio Herschel cita Lambert, che « in un'opera piena delle più fantasiose immaginazioni, ha strutturato un sistema in cui il sole si suppone in moto intorno alla nebulosa in Orione ». Se Herschel trovava stravagante l'idea « di rendere questa macchia luminosa centro di un'orbita », ci si immagini che cosa avrebbe potuto pensare di altri particolari anche più audaci, se non fantastici, della cosmologia di Lambert. Herschel non lesse Lambert nell'originale tedesco ma nel riassunto in francese di Bernard Merian, pubblicato nel 1770 e di nuovo nel 1784[34]. Merian, collega di Lambert all'Accademia di Berlino, aveva espunto — come fu notato in seguito con irrisione — tutto quel che di scientifico si trovava nell'originale[35]. A distanza di quarant'anni, durante i quali i telescopi di Herschel portarono le nebulose, compresa quella in Orione, molto più vicine di quanto Lambert avrebbe osato aspettarsi, le sue speculazioni su quella nebulosa, anche viste come nell'originale, sarebbero sembrate non solo non scientifiche, ma anche bizzarre e fantastiche, anche se difficilmente avrebbero potuto sembrarlo più dei concreti riferimenti di Herschel ad abitanti di quella superficie solare che egli poteva osservare incomparabilmente meglio di chiunque altro prima di lui[36].

Che Herschel non si riferisse all'originale dell'opera di Lambert può essere dovuto al fatto che divenne una rarità pochissimo dopo la pubblicazione. Lo stesso avvenne per la traduzione quasi completa in francese, apparsa nel 1801[37], e per la versione inglese (1800) del sunto di Merian[38]. Brevi brani tratti da questa traduzione inglese sono stati, negli ultimi due decenni, la principale fonte d'informazione sulla cosmologia di Lambert, per il mondo di lingua inglese[39]. Pertanto, una rassegna e un commento di questo lavoro, con un occhio al contesto e al *background* storico, possono essere utili, in questa ricorrenza del secondo centenario della sua morte, tanto più che di tutto il lavoro di Lambert, con ogni evidenza, sono proprio le *Lettere* la parte che eserciterà un duraturo interesse. Il motivo non sta tanto nell'evidente modernità di alcune idee cosmologiche di Lambert, o nel naturale interesse per il retroterra storico di un campo di ricerca che nei nostri tempi si è così rapidamente sviluppato, come la cosmologia scientifica. Il motivo sta piuttosto nel fatto che le *Lettere* sono il primo libro in cui l'autore tratta scientificamente l'intero sistema del mondo. Esse offrono effettivamente un *Système du monde*, come suona il titolo del sunto francese di Merian, che forse non sospettava neanche di restaurare così il vero significato di un'espressione ormai spogliata della sua genuina connotazione da Newton, Maupertuis e altri.

La trattazione scientifica di Lambert dell'universo nel suo insieme riguarda in primo luogo la sua metodologia. La grande modernità di questa non sta solo nel fatto che il cosmo di Lambert sia libero da paradossi autodistruggentisi, ma anche nel fatto che il suo sistematico riconoscimento delle differenze fra fatti, teorie, previsioni e possibili verifiche non ha trovato confronto, nella letteratura cosmologica, fino al ventesimo secolo. Questo procedere metodico è particolarmente evidente nell'ultima delle venti *Lettere*, dove, passo per passo, sono passati in rassegna gli aspetti dimostrati osservativamente, quelli ancora da osservare, e quelli che probabilmente non sarebbero mai stati osservati, del suo edificio cosmologico, che Lambert sentiva come un buon resoconto dell'effettiva struttura dell'universo.

Lambert era abbastanza matematico da rendersi conto del fatto che in un universo organizzato gerarchicamente già pochi livelli successivi significano un tremendo incremento in distanza e dimensioni. Un livello o un sistema cento volte più comprensivo del sistema locale di stelle doveva pertanto apparire inosservabile, e a maggior ragione tale doveva essere quel corpo, al centro dell'intera gerarchia di galassie e supergalassie, cui Lambert assegnava il millesimo posto, ma solo per dare

un'idea dell'inconcepibile vastità dell'universo, che era comunque, per lui, finito in senso stretto. Questo corpo, una massa sferica opaca, enormemente grande, estremamente densa, poteva esser visto solo con gli occhi della mente. Lambert certamente usò la maggior parte dei poteri dei suoi occhi mentali quando, riferendosi a questo corpo centrale, o supremo reggitore, scrisse: « Per quanto lontano tu voglia andare, alla fine arriverai al centro dell'intero edificio del mondo, e qui trovo il mio corpo ultimo che guida, intorno a sé, l'intera creazione »[40].

Come questo centro assoluto dell'universo era troppo distante da noi per poter essere mai osservabile, così era di quei confini che Lambert ripetutamente assegnava all'universo. L'unica prova esplicita che adduceva a sostegno della finitezza era riferita all'impossibilità di un numero infinito attuale[41]. Sorprendentemente, Lambert non fece riferimento al paradosso gravitazionale di un universo infinito di stelle omogeneamente distribuite, benché le *Boyle Lectures* di Bentley fossero disponibili in traduzione tedesca fin dal 1714. Per quel che riguarda il paradosso ottico, cui nel 1744 Chéseaux aveva cercato una soluzione nell'assorbimento della luce stellare da parte dell'etere che pervadeva tutti gli spazi cosmici[42], Lambert lo aveva già dichiarato non conclusivo nella sua *Photometria* (1760), basandosi sulla distribuzione, evidentemente disomogenea, delle stelle, come era esemplificata dalla Via Lattea: un punto che discuteremo, poi, più particolareggiatamente. Con ogni evidenza, l'elemento importante che Lambert portava a sostegno della sua affermazione della finitezza dell'universo era la sua convinzione che un meccanismo progettato a un fine, quale sicuramente l'universo doveva essere ai suoi occhi, non poteva essere altro che finito.

L'idea non era nuova. Keplero già l'aveva avanzata contro le fantasticherie panteiste di Bruno sull'infinito[43]. Per Voltaire, il deista, l'universo doveva essere finito, come se fosse un orologio progettato da Dio. Questo ragionamento era così caro a Voltaire, che mise la finitezza dell'universo sulla bocca di Newton, nei suoi *Eléments de la philosophie de Newton* (1738)[44]. Se, come voleva Koyré, l'infinito newtoniano avesse regnato incontrastato alla fine del XVIII secolo, Voltaire certamente sarebbe stato controbattuto su questo punto, con le numerose edizioni che ebbero gli *Eléments*. Ma i suoi contemporanei sembra ricordassero la perplessità con cui, nel suo *Dictionnaire philosophique*, aveva parlato di una realtà fisica infinita effettivamente in atto: « Se il nostro universo materiale non è infinito, esso non è che un punto nello spazio. Se è infinito, che infinito attuale è quello cui posso sempre aggiungere qualcosa, nel mio pensiero? »[45]. Abbastanza efficacemente, l'infinito in senso stretto era riservato all'Essere Supremo Assoluto, nell'*Encyclopédie*[46]. Nelle varie voci rilevanti per la cosmologia, l'universo non vi era invece mai descritto come infinito[47]. La categorica affermazione di Lambert dell'universo finito potrebbe dunque sembrare stupefacente solo sullo sfondo di una concezione, assai diffusa sebbene errata, che ascrive la generale accettazione dell'idea dell'universo infinito non al diciannovesimo ma al diciottesimo secolo.

Lambert, ovviamente, non prendeva le mosse, nel suo discorso cosmologico, dai confini esterni dell'universo o da quel reggitore supremo posto nel suo centro assoluto. Ma la sua insistenza sull'armonia e l'ordine era evidente sin dagli inizi. Essi erano i suoi principi cosmologici fondamentali, e implicavano che l'universo fosse la continua replica di un modello — il disco — a livelli sempre più alti; modello escogitato al fine di assicurare per la vita, dovunque nel cosmo, dimore nel numero e nella varietà più ampi. La dettagliata esposizione di questa visione cosmica porta naturalmente il segno di certe preoccupazioni e di certe preferenze, tipiche del suo tempo. Una preoccupazione fondamentale per un cosmologo era l'ancora ampio interesse per le comete, rafforzato dalla comparsa, verso la fine del 1743, di una grande cometa con sei spetta-

colari code[48], e dall'arrivo, non senza qualche mese di ritardo, di quella cometa il cui ritorno era stato predetto da Halley per il 1759 e che da allora è nota come 'cometa di Halley'. Il fatto che, sulla base della fisica newtoniana, si potesse predire il periodo e l'orbita delle comete, doveva ovviamente aiutare a rendersi conto che la collisione di una cometa con la terra era un evento del tutto improbabile, dal momento che implicava la puntuale coordinazione di due orbite spesso molto differenti. Ma nel 1749 Buffon suscitò emozione, almeno nei meno informati, attribuendo la formazione del sistema di pianeti alla collisione radente di una cometa con il sole. Buffon aiutò anche a rinfrescare il ricordo di Whiston, secondo il quale sarebbe stato necessario che una cometa passasse vicinissimo a ciascun pianeta, perché questo fosse posto nella sua attuale orbita intorno al sole[49]. C'era poi l'importantissima *Lettre* (della lunghezza di un volume) sulla cometa del 1742, di Maupertuis, in cui molto era detto sugli spaventosi sommovimenti che sarebbero stati indotti sulla terra dal passaggio a breve distanza di una cometa, benché Maupertuis dicesse assurdamente che un tale passaggio avrebbe permesso agli abitanti della cometa di scendere sulla terra[50].

Quando Lambert, nel giro di pochi mesi, scrisse le *Lettere*, nell estate del 1760, certamente aveva in mente la cometa di Halley[51]. Delle venti lettere, le prime otto adempiono al proposito di far apparire più piccola possibile la probabilità di una collisione fra la terra e una cometa. Lambert avrebbe dovuto segnalare soprattutto che una tale collisione non sarebbe stata in realtà una collisione in senso stretto, poiché le comete possono avere al massimo un nucleo solido, ma dalle dimensioni insignificanti, anche rispetto a quelle dei pianeti minori. Altrimenti, un passaggio a distanza ravvicinata di una qualunque cometa rispetto a un qualunque pianeta, avrebbe modificato l'orbita del pianeta, e tale modificazione avrebbe potuto essere valutata in anticipo e scoperta. Ma di questo Lambert sembrava dimenticarsi, come già Newton, Halley, Maupertuis e molti altri famosi 'geometri' del diciottesimo secolo. Lambert, invece, circoscrive la sua attenzione all'analisi della tavola di Halley di ventiquattro comete con il computo delle loro orbite[52]. Poiché le relativamente poche entrate della tavola erano equivalenti a un campione casuale, Lambert sentì che ne era giustificata una valutazione in senso statistico e ne trasse la fondamentale conclusione che tutte le orbite delle comete erano tanto più inclinate rispetto al piano delle orbite planetarie, quanto più i loro perieli si trovavano all'interno delle orbite dei pianeti. Il che, ovviamente, significa una riduzione della probabilità di collisione fra pianeti e comete, pur restando da dimostrare che le orbite delle comete sono differenti da quelle dei pianeti, per adempiere un compito specifico. La tavola di Halley, agli occhi di Lambert, forniva anche un supporto a una preferenza comunemente condivisa al suo tempo, rappresentata dal principio di pienezza. I cinque milioni di comete, che affermava avessero il loro perielio entro l'orbita di Saturno, significavano una pienezza non solo di corpi celesti ma anche di vita, poiché Lambert poneva fiduciosamente abitanti su ciascuna di esse. Se il numero proposto può sembrare fantasioso o addirittura fantastico, il procedimento su cui erano basati i suoi calcoli conserva tutta la sua validità. Quel procedimento, infatti, è alla base delle moderne stime del numero di comete intorno al Sole, stime considerevolmente vicine alle cifre indicate da Lambert[53]. Condividendo in pieno la diffusa convinzione della validità del principio di pienezza, Lambert presumeva anche, senza troppo pensare, l'esistenza di vita su ciascuna delle straordinariamente numerose comete, e su ciascuno dei relativamente meno numerosi pianeti ruotanti intorno ai milioni di soli che, insieme con il nostro sole, formavano secondo lui il sistema locale delle stelle. Molti di tali sistemi formavano un sistema d'ordine superiore: la Via Lattea ne era l'esempio più evidente. A sua volta un certo numero di Vie Lattee formava un sistema d'or-

dine ancora superiore, e così via. Tutti i sistemi di stelle, di galassie, di supergalassie, e di sistemi di livello ancora superiore, ruotavano intorno ai loro rispettivi centri, ciascuno dei quali era un corpo opaco (il reggitore), enormemente grande, estremamente denso.

I reggitori dovevano essere intrinsecamente opachi, come la terra, poiché come stelle sarebbero stati troppo in vista nel cielo, a maggior ragione in un cielo scrutato dai telescopi. In quanto corpi straordinariamente densi e immensamente grandi (per Lambert il diametro del reggitore del sistema locale delle stelle poteva essere anche maggiore del diametro dell'orbita di Saturno)[54], potevano essere l'origine della stabilità delle orbite dei milioni di stelle e dei miliardi di comete già costituenti i sistemi dello stesso livello del sistema locale delle stelle. Questa stabilità, a sua volta, significava non solo l'esclusione della possibilità di collisioni fra corpi celesti, ma anche la perpetua conservazione delle loro orbite e delle rispettive posizioni. In altre parole, la pienezza era limitata dal principio della stabilità senza collisioni, e questo perché Lambert supponeva che tutti i sistemi, da quelli di livello inferiore (i sistemi di satelliti intorno ai pianeti) a quelli di livello superiore (le supergalassie più ampie intorno al reggitore centrale) giacessero sostanzialmente nello stesso piano. In questo modo l'universo non poteva che assomigliare a un disco, che era anche il modello di tutti i sistemi costituenti, ad ogni livello[55].

Fiducioso nella validità del principio che un universo razionalmente organizzato debba mostrare la stessa struttura a tutti i suoi livelli, Lambert si rendeva conto che la verità delle sue speculazioni sulla struttura dell'edificio dell'universo sarebbe stata dimostrata una volta che si fosse ottenuta sulla base dell'osservazione la prova di due conseguenze principali dell'ordinamento a disco, che pensava fosse presentato con evidenza ad almeno tre livelli: quello dei satelliti, quello dei pianeti, e quello della Via Lattea. Una di queste conseguenze era l'esistenza di un reggitore al centro del sistema locale delle stelle, cui apparteneva il sole. Lambert sperava che future osservazioni della nebulosa in Orione, e un confronto con i suoi precedenti disegni, avrebbero mostrato che essa era la superficie di un reggitore opaco, illuminato da soli orbitanti attorno ad esso a breve distanza. Mentre scriveva le *Lettere*, difficilmente Lambert avrebbe potuto sospettare che i *Mémoires* dell'Académie des Sciences per l'anno 1759 (pubblicati solo nel 1765) avrebbero contenuto un'incisione a tutta pagina, con quattro disegni di tale nebulosa, che suggerivano una notevole variazione nella sua forma[56], un risultato che più tardi Lambert salutò come favorevole alle sue speculazioni e che al tempo stesso dimostra come queste speculazioni fossero, in un certo senso, nell'aria. L'altra conseguenza si riferiva al presunto orbitare del nostro sole, insieme con i suoi pianeti, intorno al reggitore del sistema locale delle stelle. Da una parte Lambert sperava di ottenere una prova del moto del sole da un confronto fra antichi e nuovi cataloghi stellari[57]. Da un'altra parte egli sperava che un'analisi più precisa delle orbite planetarie avrebbe mostrato una forma cicloidale, risultato della composizione del loro moto intorno al sole e di quello, insieme al sole, intorno al reggitore del locale sistema stellare.

Chiaramente, Lambert seppe bilanciare ipotesi ardite col rispetto per le deduzioni di una teoria apparentemente fantasiosa. Lambert non offriva solo delle 'fantasie' semplicemente perché considerava — come Herschel e moltissimi altri scienziati, filosofi e poeti del diciottesimo secolo — il principio di pienezza come una verità fuori discussione[58]. In quel contesto storico era segno non di fantasia ma di coraggio e di rigore mentale il costruire un modello cosmologico in pieno accordo con la logica di quel principio mantenendo al tempo stesso quel modello libero da paradossi e da conseguenze autocontraddittorie, e specificando i dati osservativi che avrebbero potuto fornire ad esso una conferma.

La logica del principio di pienezza, armonizzata con il principio dell'ordine, richiedeva che lo stesso modello fosse riprodotto a tutti i livelli dell'edificio, gerarchicamente strutturato, del cosmo. Certo, di questo principio di riproduzione non si parlava tanto quanto della supposta pienezza di vita e di materia, ovunque. Ma la *Monadologia* di Leibniz, in cui ogni monade era descritta come brulicante di innumerevoli forme di vita, non era l'unica opera di Leibniz largamente letta nel corso del diciottesimo secolo: la *Teodicea* era un'altra delle letture più diffuse. In effetti, è stato giustamente notato che « alla sua stessa come alla successiva generazione, Leibniz era noto come l'autore della *Teodicea* »[59]. La verità di questa affermazione è sicuramente illustrata da un'osservazione di Lambert, fatta, poco dopo la pubblicazione delle *Lettere*, a uno dei suoi primi discepoli, Baptista von Salis, secondo cui « nel mondo filosofico le *Lettere* saranno stimate solo poco meno della *Teodicea* di Leibniz »[60].

Nel dare questa valutazione delle *Lettere*, Lambert non doveva avere in mente soltanto quella affermata rivendicazione della finalità del cosmo, dell'ordine e dell'ottimismo, ancorati alla bontà e alla razionalità del Creatore, che determina il tono tanto delle *Lettere* quanto della *Teodicea*. Egli deve aver pensato in particolare alla parte conclusiva della *Teodicea*, in cui il principio di pienezza è esposto nell'immaginaria presentazione di Pallade Atena a Teodoro della meravigliosa varietà dei mondi come se ciascuno di essi fosse una bellissima residenza. Il passaggio attraverso queste residenze vi era paragonato all'ascesa di una piramide, con la dea e il suo ospite che alla fine raggiungono, sulla cima della piramide, la più bella delle residenze[61]. Questo passo della *Teodicea* sembra echeggiare nell'ispirata descrizione che Lambert ci dà del centro assoluto dell'universo: « Lì è il trono cui tutti i sistemi obbediscono come altrettanti satelliti, la città capitale che detta le leggi al regno della realtà e mantiene ogni cosa nell'ordine e nella completa armonia, rende l'insieme delle cose un tutto unico, impedisce ogni eccesso, pone un limite alla rivolta e alla dissoluzione di ogni parte in fuga e la guida di nuovo al suo posto. Ma senza volerlo io vado oscurando con questo incanto la mia difficoltà, che è causata dalla vista di un luogo così splendido. Un poeta avrebbe qui una commovente possibilità di renderne a pieno la bellezza, di dipingerlo alla nostra immaginazione al più alto grado di verosimiglianza, e di renderlo affascinante »[62].

Lambert ebbe modo di vedere un'ulteriore dimostrazione della correttezza della sua valutazione delle *Lettere* come opera fortemente leibniziana per la sua prospettiva e per la sua ispirazione nel 1765, quattro anni dopo la pubblicazione delle *Lettere*, quando fu data per la prima volta alle stampe un'altra grande opera di Leibniz, i suoi *Nouveaux essais sur l'entendement humain* (Nuovi saggi sull'intelletto umano), un'opera in cui Leibniz discuteva di una pienezza gerarchica nel regno degli organismi viventi[63]. Ma una formulazione assai più memorabile e concisa dell'idea di una gerarchia di tutte le cose era stata proposta almeno trent'anni prima della pubblicazione delle *Lettere* da Pope nel suo *Essay on Man* (Saggio sull'uomo). Fu il suo ottimismo leibniziano, proiettato in una superba veste poetica, a determinarne l'influenza tanto sui circoli letterari quanto su quelli filosofici. Almeno una mezza dozzina di traduzioni tedesche e francesi dell'*Essay*, apparse prima delle *Lettere*, avrebbero potuto familiarizzarne l'autore con la Sezione VIII dell'Epistola prima dell'*Essay*[64]. Era quella la Sezione in cui apparivano le famose frasi sulle « altezze cui può giungere progressivamente la vita », sulla « grande catena dell'essere », in cui la rottura di un legame qualunque, « o decimo o decimillesimo del pari la catena spezza ». In realtà, Pope non parlava di galassie ma solo di pianeti e di soli e delle antiche sfere celesti. Tuttavia quello che egli diceva di ogni sistema che ruota « in un grado similmente essenziale alla meraviglia del tutto » poteva fornire

le ali al potere immaginativo di un cosmologo e renderlo propenso a congetturare di sistemi di stelle simili nella loro struttura al sistema dei pianeti, sistemi in cui fosse una perenne stabilità, per ragioni formulate dallo stesso Pope in riferimento al sistema planetario ma chiaramente con un occhio a tutto il cosmo:

Fate che la Terra senza equilibrio sfugga
dalla sua orbita
Che i Pianeti e i Soli senza legge corrano
attraverso il cielo
Fate che gli Angeli che li guidano siano
allontanati dalle loro sfere
che cosa su cosa rovini e mondo su mondo,
l'intero fondamento del cielo ondeggi al
suo centro,
e la Natura tremi al trono di Dio:
spezzare tutto questo venerabile ORDINE
— per chi? per te?
O vile verme! — O Follia, Superbia,
Empietà![65]

Pienezza, subordinazione, resistenza, ottimismo traspaiono egualmente dalle *Lettere* come dall'*Essay*, ed è bene ricordare che sicuramente l'attenzione di Lambert fu attirata sull'*Essay* quando la sua metafisica fu l'argomento per il Premio indetto nel 1753 dall'Accademia di Berlino, con una scelta che in realtà aveva Leibniz come obiettivo e che appassionò tutto il mondo degli studiosi[66].

Leibniz, Pope e Maupertuis, ovviamente, non furono dei 'precursori' di Lambert, il cosmologo. Ma molte delle loro idee e molte delle loro espressioni trovarono nella sua mente un suolo fertile e divennero elementi importanti della sua costruzione cosmologica. Per tutte le sue particolarità e per la sua monumentalità la cosmologia di Lambert non costituisce un caso di 'riorientamento gestaltico' o di 'cambiamento di paradigma', ma piuttosto un efficace esempio di quel modo organico in cui i geni sono connessi a quanti li hanno preceduti, sono immersi nel loro immediato retroterra, e sono parte del clima di opinioni del loro tempo. Come molti altri grandi progressi concettuali, l'idea di un universo gerarchico era già nell'aria prima che Lambert ne desse una formulazione dettagliata. In effetti era tanto nell'aria da essere formulata anche da Kant, che era in debito nei confronti di Leibniz, Pope e Maupertuis esattamente nello stesso modo di Lambert.

In ambedue i casi il più importante elemento catalizzatore fu una inclinazione alla costruzione di sistemi. In questo senso Kant, il filosofo, doveva prendere molto in prestito da Lambert. La sezione sull'architettonica nella *Critica della Ragion Pura* è una chiara eco degli sforzi di Lambert di sistematizzare il ragionamento nel suo *Anlage zur Architectonik* (Fondazione dell'architettonica) (1771)[67]. Questo era uno sforzo ambizioso di ridurre ogni concetto alle nozioni primarie più semplici. Si chiudeva con un capitolo sul finito e l'infinito, preceduto da un capitolo sull''edificio dei numeri'[68]. Questi capitoli conclusivi erano caratteristici del tono dell'intera opera (in due volumi) e dello spirito del programma che Lambert aveva tracciato nel suo *Neues Organon* (1764). Lì egli presentava la verità matematica come la base per distinguere la verità dalla falsità e dalle apparenze, e raccomandava con forza un'adozione sistematica di tale base in filosofia. Doveva pensare al *Neues Organon* quando nel 1768 scrisse di essere sicuro di aver mostrato che « nella misura in cui il filosofo non porta le sue ricerche fino al punto in cui il geometra può applicare il suo calcolo, il filosofo può avere la positiva certezza di essere ancora in una confusione assoluta »[69]. La frase successiva, « non appena una qualunque conoscenza è stata sottoposta al calcolo, essa ha completamente mutato il suo aspetto, perché si deve guardare ad essa in modo completamente differente », è rivelatrice non solo del riduzionismo di Lambert, ma anche della sua riluttanza ad essere un riduzionista senz'altra specificazione.

Tuttavia Lambert non ha mai soddisfatto in pieno al compito di riconciliare una 'via matematica alla filosofia' con l'esigenza della realtà ontologica della finalità, una esigenza presente non solo nella sua cosmo-

logia ma anche nel suo dichiarato apprezzamento del valore di settori non matematici di studio. Egli desiderava essere un intelletto universale e per tale fu riconosciuto quando ebbe il raro privilegio di presentare saggi non solo nelle classi filosofica, matematica e scientifica dell'Accademia di Berlino, ma anche in quella di 'belle lettere'. Lambert scrisse poco per essere qualificato in tale classe, ma il suo saggio *Observations sur quelques dimensions du monde intellectuel* mostrava la sua consapevolezza delle differenze che intercorrevano fra quelle che oggi sono note come le due culture. Che non fosse un riduzionista rigoroso è chiaro dalla sua ammissione dell'esistenza del progresso in ambedue i campi — sia pure di un differente progresso. Il progresso sistematico — secondo Lambert — era un privilegio delle scienze esatte; quello delle lettere era un progresso fatto di sollevamenti e di rovesciamenti[70].

Lo stesso saggio in cui Lambert esaminava, con riferimento al progresso, il significato di alto, profondo, sublime, elevato, di gran portata e così via, conteneva una diretta e preziosa indicazione della sua idea di cosmologia. Nel notare come i precedenti concetti dovessero riferirsi a qualcosa di concreto, per essere significanti, egli mirava a quella che chiamava « cosmologia trascendentale ». Con ogni probabilità, intendeva riferirsi a quella proposta nella *Cosmologia* di Wolff, un'opera che, dalla data della sua pubblicazione nel 1731, aveva reso la parola 'cosmologia' di casa nell'accademia[71]. « Per quanto sublime possa essere la cosmologia — scriveva Lambert — essa sembra ancora separata da un immenso intervallo da quella cosmologia empirica che l'astronomia e la fisica hanno portato a nostra conoscenza ». Tale immenso intervallo si riferiva a quegli « spazi intermedi », in cui, per citare le parole di Lambert, « si rischia di perdere l'orientamento, nella misura in cui le idee astratte e trascendentali non sono connesse con quelle che possono essere utilmente applicate »[72].

In questo passaggio è riassunta l'essenza della cosmologia di Lambert, in cui le idee più generali dovevano trovare una rilevanza diretta per i dettagli concretamente osservati. Altro aspetto essenziale della cosmologia di Lambert era che se essa doveva rappresentare un progresso, i suoi particolari e i suoi dati dovevano essere utilizzati in forma sistematica. In effetti tutti i lavori scientifici di Lambert offrono delle sistematizzazioni (spesso di un numero relativamente scarso di dati — le ventiquattro entrate della tavola di Halley delle comete sono un esempio) come loro fondamentale caratteristica e contributo. Il suo primo libro, o meglio opuscolo, *Les propriétés remarquables de la route de la lumière*, colpisce il lettore più per la rigida successione di proposizioni, teoremi, osservazioni e lemmi che non per l'originalità del contenuto o la ricchezza dei dati empirici[73]. Lo stesso è vero per la *Photometria*, un grosso trattato — secondo il suo sottotitolo — « sulla misura e i gradi di luce, colori ed ombra », pubblicato un anno prima delle *Lettere*. Il suo particolare davvero originale, oggi noto come legge del coseno di Lambert, che egli orgogliosamente definiva « questa nuova legge delle forze illuminanti »[74], fu elaborata eccessivamente da lui, così come eccessivamente elaborato era l'intero discorso sui principi e sull'applicazione della fotometria. Anche qui Lambert portava elementi a uno spartiacque. Come le *Lettere* per la cosmologia, così la *Photometria* conteneva tutto quello che si poteva dire con sicurezza sull'argomento. Quello, poi, che Lambert congetturò nei due lavori come possibilità future, potrebbe facilmente sembrare tirato per i capelli, se non del tutto fantastico, in mancanza di progressi nel campo della strumentazione — progressi che poi furono ottenuti principalmente da Fraunhofer nella fotometria, mentre in cosmologia furono opera di Herschel.

Secondo quanto riferisce un contemporaneo, Johann Bernoulli III, collega di Lambert all'Accademia di Berlino e suo ammiratore, dichiarò di aver trovato la *Photometria* di Lambert così oscura che l'avrebbe scritta di nuovo, piuttosto che leggerla[75]. Lambert,

come scrittore, non ebbe più successo con le sue presentazioni strettamente scientifiche che con i suoi sforzi di divulgazione, esemplificati dalle *Lettere*. In ambedue i casi Lambert fallì perché la sua inclinazione all'elaborazione di sistemi rese la presentazione del suo materiale farraginosa e pesante. Ed è per questo che tanto la *Photometria* quanto le *Lettere* furono presto dimenticate. Le *Lettere* erano troppo divulgative per il gusto dell'astronomo, ma ancora troppo lontane dall'essere davvero divulgative, per poter trovare un uditorio più ampio. La *Photometria* era troppo pedante e dotta per aver successo come libro di testo, ma anche ben lontana dall'essere così originale da attirare l'interesse degli studiosi di professione. Lo stesso autore contemporaneo mise bene a fuoco la situazione, quando scrisse: « In ogni caso, gli scienziati di primo ordine leggono poco, sono troppo impegnati nelle loro riflessioni. Essi, quindi, non leggeranno neanche questi libri molto dotti, o se preferite, molto oscuri; e, ad ogni modo, non sono loro che debbono essere istruiti — sarebbe assolutamente folle; scrivendo tali libri spesso si eccita solo la loro gelosia, poiché se tutti assomigliassero a d'Alembert, essi si leggerebbero l'un l'altro solo per criticarsi l'un l'altro »[76].

Che la *Photometria* non sia stata letta, e tanto meno criticata, è stata un vera perdita per la cosmologia, anche se ancora una volta Lambert ne ha in parte la colpa. La sesta parte della *Photometria* era un « trattamento col calcolo dell'illuminazione del sistema planetario ». Il terzo ed ultimo capitolo di questa parte, tuttavia, tratta « della luce delle stelle e delle loro distanze ». Dopo aver brevemente schizzato i vari sforzi, culminati nell'opera di Bradley, relativi alla determinazione della distanza minima delle stelle, Lambert affronta la questione dell'illuminazione del cielo notturno, con un occhio al saggio pubblicato su tale argomento da Chéseaux[77]. Spinto con ogni probabilità dai saggi di Halley, Chéseaux chiariva sufficientemente come il nodo del problema fosse la presunta infinità dell'universo, ma nel riassunto che Lambert fa della presentazione del problema da parte di Chéseaux, quest'aspetto è pressoché scomparso. « Chéseaux — scrive Lambert — non solo stabilisce che le distanze delle stelle sono diverse, ma anche che il numero di quelle equidistanti dal sole cresce con lo stesso rapporto con cui cresce la distanza. Dal momento che egli non pone limiti a tale distanza, ne deduce che il cielo notturno dovrebbe apparire coperto di stelle in modo che nessun punto dovrebbe risultare scoperto, a meno che la luce delle stelle non vada in qualche modo diminuendo (passando attraverso l'etere) »[78].

Lambert controbatte questo ragionamento senza far riferimento alla presunta infinità del numero delle stelle o alla presunta estensione all'infinito del regno stellato. Egli piuttosto nota che, dal momento che nessuno ha negato che le distanze delle stelle non siano uniformi, « difficilmente si dovrebbe ammettere che esse siano distribuite in quella (maniera omogenea) che appare a tale ingegnoso autore ». Nel passo successivo, Lambert esclama: « Da dove la galassia? ». La domanda, e la risposta che ad essa dà, mostrano come, una volta tanto, Lambert non fosse abbastanza sistematico. Invece di affrontare di petto la logica del problema della distribuzione delle stelle, egli usa in maniera piuttosto vaga l'espressione «sistema di stelle », identificandolo con la Via Lattea. Tale sistema, scrive « non è del tutto sferico (che è la forma apparente richiesta dalla distribuzione omogenea), ma ovale e piatto, ed io affermo che la Via Lattea è l'eclittica del (regno delle) stelle »[79].

La questione dell'infinità passa ulteriormente sullo sfondo allorché Lambert procede ulteriormente a smantellare l'ipotesi della distribuzione omogenea sottolineando come la Via Lattea stessa sia composta irregolarmente di sistemi più piccoli. È in questo contesto che compare per l'unica volta in Lambert la parola 'infinito', e per altro in senso non rigoroso, allorché descrive *un* sistema di stelle, la Via Lattea, come « composto di un numero infinito di sistemi più piccoli »[80]. Se Lambert, in questo con-

testo, avesse seguito la sua stessa raccomandazione al rigore sistematico, avrebbe pronunciato frasi sulla presunta infinità dell'universo che, per la loro precisione ed incisività, avrebbero potuto servire di monito alle generazioni successive. Se avesse formulato un tale monito, avrebbe prevenuto cosmologi del diciannovesimo secolo dal cadere nella trappola di una dicotomia nella riflessione sull'universo. La dicotomia culminò in un mito, il mito della Via Lattea come di un universo isola nel regno infinito delle galassie, un'isola non connessa né otticamente né gravitazionalmente con l'infinito dominio al di là di essa[81].

Dallo spartiacque cui Lambert portò la cosmologia, la futilità di un tale mito probabilmente poteva essere vista e forse anche prevista. Ma Lambert, il cosmologo, non solo non fu visto dai suoi posteri come su di uno spartiacque cruciale, da cui guardava lontano davanti a sé: a tutti i fini pratici, non fu visto del tutto. Quando le spettacolari scoperte di Herschel sul regno delle nebulose, sulla loro grande varietà, sugli ammassi di stelle e sul moto del sole, divennero argomento di conversazione di astronomi stupiti, solo un dilettante, J. M. C. van Utenhove di Utrecht, trovò che valesse la pena notare — e nelle note a una traduzione francese pressoché completa delle *Lettere*[82] — che le cose più volte ripetute da Lambert sembravano illustrate dalle scoperte di Herschel. Questa traduzione, con le sue preziose note, divenne presto ancor più rara dell'originale tedesco.

Per vedere il significato della cosmologia di Lambert non era sufficiente osservare le nebulose a migliaia. Quelle nebulose, in primo luogo, dovevano essere riconosciute come i fondamentali blocchi da costruzione di un universo interpretato in modo da rendere la cosmologia un discorso scientificamente consistente sulla totalità delle cose coerentemente interagenti. Questa totalità certamente non poteva essere infinita nel senso dell'omogeneità euclidea. Con ogni probabilità essa è la totalità di una quantità finita di materia[83]. Lo strutturarsi di questa finitezza nello spazio e nel tempo — o meglio il fatto che essa struttura lo spazio e il tempo — risulta straordinariamente più singolare ad ogni grande avanzamento nella chiarificazione delle implicazioni dei principi cosmologici della relatività generale. Fra i reggitori opachi di Lambert e i buchi neri della moderna cosmologia relativistica, per non parlare del Buco Nero in cui l'intero universo potrebbe trasformarsi qualora la sua attuale tendenza all'espansione avesse a invertirsi, esiste un'analogia nel migliore dei casi vaga, ma non priva di interesse[84]. Senza dubbio, tanto i reggitori opachi quanto i buchi neri ci aprono lo sguardo a qualcosa di straordinariamente singolare riguardo all'universo. È la considerazione di tale carattere di singolarità dell'universo che è equivalente al raggiungimento, da parte della cosmologia, del suo spartiacque più istruttivo, poiché da esso si può vedere al di là dell'universo stesso[85], una prospettiva che certamente sarebbe piaciuta a Lambert.

Questa prospettiva trova un saldo fondamento nel carattere fortemente singolare dell'universo ipotizzato da Lambert nelle *Lettere*. In effetti, esso era permeato di idee tratte da Leibniz a Wolff, idee che talvolta sembrano suggerire che il mondo può essere unicamente quello che è. La principale, fra tali idee, era quella della ragione sufficiente, o piuttosto un'eccessiva fiducia in uno specifico modello di razionalità che sembrava essere sufficiente per soddisfare tutte le richieste ragionevoli. Benché una concisa obiezione al principio leibniziano di ragion sufficiente, principio ampiamente esposto nelle pagine dell'*Encyclopédie*[86], mancasse di rendere giustizia a quello che è l'aspetto più profondo della contingenza, l'obiezione, secondo cui il principio leibniziano di ragion sufficiente renderebbe l'universo reale un universo necessariamente esistente, era sintomatica di una sensibilità ereditata dalla tradizionale filosofia cristiana, radicata nella dottrina della creazione. Invece, è ancora il problema filosoficamente più sensibile e scientificamente più decisivo, per la cosmo-

logia, quello di vedere se l'universo sia necessariamente quello che è, o se esso sia semplicemente una fra un numero infinito di possibilità, egualmente plausibili e ragionevoli.

A tratti certi ragionamenti generici di Lambert nelle *Lettere* sul piano fondamentale, sulla perfezione, la pienezza e la divinità dell'universo, possono sembrare guidare la sua cosmologia verso quelle secche in cui non si potrebbe più sospettare traccia delle profondità della contingenza dell'universo. Se talvolta le sue affermazioni cosmologiche possono giustificare l'obiezione mossa nell'*Encyclopédie*, la cosa era difficilmente concepibile guardando alla specifica totalità e ai dettagli dell'universo da lui descritto. L'universo come un disco piatto, con un enorme reggitore opaco nel centro, circondato da un sistema di galassie e di stelle, tutti a forma di disco, tutti con un reggitore al loro centro, e tutti meno comprensivi quanto più lontani da quel centro: un tale universo difficilmente potrebbe apparire come una costruzione necessariamente esistente come forma esclusiva di esistenza cosmica. Un simile universo chiaramente mostra la sua contingenza, cioè la sua radicale dipendenza da un Creatore che, come tale, mai potrebbe essere un *Dieu fainéant*.

Questa prospettiva era certamente conforme alle più profonde convinzioni di Lambert, e senza dubbio egli intendeva che questo fosse un messaggio delle *Lettere*. Ciò avrebbe scioccato la Berlino voltairiana, ma l'ingenuità con cui Lambert escludeva ogni grosso cambiamento, ogni evoluzione del cosmo, poteva solo creare l'impressione che le *Lettere* offrissero una versione bizzarra di quell'orologio cosmico di Voltaire che, una volta messo in moto, in moto resterebbe perpetuamente. Così accadde che, mentre Lambert fece scalpore nella Berlino voltairiana fra gli accademici, e fra quanti vivevano in un ignaro ossequio di quelli, per la sua fede salda e tranquilla, non ebbe invece ad impressionarli con la singolarità gerarchica e la finitezza del suo universo, benché vi fosse evidenza fattuale di una contingenza che conduceva a un Creatore e non semplicemente a quel *Dieu fainéant* che Voltaire e altri deisti disperatamente cercavano di trattenere sulla scena.

A differenza dell'infinita omogeneità euclidea, che può facilmente nascondere la sua singolarità agli occhi dei meno avveduti, un universo finito e gerarchico non può essere radicato nel limbo di ipotesi vaghe, dall'apparenza naturalistica, che distraggono dalla contingenza che pervade il cosmo sempre e dovunque. Se l'universo delle galassia sia gerarchicamente organizzato o meno, è ancora da vedere[87]. Quel che senza dubbio resta, con i continui spettacolari progressi della cosmologia scientifica, è la nettissima apparenza di singolarità dell'universo, e l'incapacità dei cosmologi di seguire ogni stadio di tale singolarità, se non fino a un altra singolarità, ancor più fondamentale e ancor più sorprendente. La cosmologia raggiungerà non un altro dei suoi spartiacque ma la sua cima più alta quando tutti i cosmologi riusciranno a staccarsi tanto dal miraggio di una derivazione a priori della struttura del cosmo[88] quanto dall'inutile rifugiarsi in un regresso all'infinito da una singolarità cosmica ad un'altra.

S. L. J.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 *Account of some Observations tending to investigate the Construction of the Heavens*, in J. L. E. DREYER (ed.), *The Scientific Papers of Sir William Herschel*, The Royal Society and the Royal Astronomical Society, London, 1912, vol. I, p. 157.

2 Fra le altre ragioni, il panteismo e l'anticlericalismo, ambedue assai diffusi nella seconda metà del diciannovesimo secolo. Per un esame particolareggiato, si veda la mia introduzione alla mia traduzione de *La cena de le ceneri* di GIORDANO BRUNO: *The Ash Wednesday Supper*, Mouton, The Hague, 1975.

3 Si veda la traduzione parziale della kepleriana *Epitome astronomiae copernicanae* in *Great Books of the Western World, Volume 16*, Encyclopedia Britannica, Chicago, 1952, p. 886.

4 Salviati, portavoce di Galileo nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (*Opere* di GALILEO, Edizione Nazionale a cura di A. Favaro, vol. 7, Barbera, Firenze, 1933), afferma che non esistono stelle infinitamente distanti (p. 315), che fino ad allora tanto la finitezza quanto l'infinità dell'universo ancora non sono state dimostrate (p. 347), che la distanza delle stelle varia (alcune sono tre volte più lontane di altre) e che pertanto si possono pensare come contenute entro due sfere immaginarie (p. 409). Simplicio, sostenitore del punto di vista geocentrico, era

più che disposto ad accettare il modello dello strato sferico (*ibid.*). L'osservazione del DRAKE (a pag. 493 della sua traduzione con note del *Dialogo*: *Dialogue concerning the Two Chief World Systems*, University of California Press, Berkeley, 1962), secondo cui il riferimento di Salviati all'illimitatezza dell'universo rappresentava » un terreno pericoloso per Galileo; (poiché) la condanna e l'esecuzione di Giordano Bruno erano dipese in larga misura dalla sua esposizione della concezione di un universo infinito », è un'errata ricostruzione dell'approccio di Salviati alla questione dell'infinità, e rivela una generale cattiva informazione sulla negazione bruniana di praticamente ogni articolo del credo cristiano, che non include alcuna proposizione sulla finitudine o infinità dell'universo. Infine, l'osservazione di Drake è in conflitto con la difesa galileiana del moto inerziale circolare per le stelle.

5 *Astro-theology*, W. Innys, London, 1715, p. 57.

6 Si veda l'appendice K, *Descartes on the Infinite and the Indefinite*, in A. KOYRÉ, *Newtonian Studies*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1965, pp. 192-194 (trad. it.: *Studi Newtoniani*, Einaudi, Torino, 1972, pp. 211-123), dove Descartes viene citato allorché afferma, con riferimento a « il cardinale di Cusa e diversi altri dottori » che non esiste incompatibilità fra il credo cristiano e la credenza nell'infinità del mondo.

7 *Pascal's Pensées* (traduzione di W. F. Trotter, con introduzione di T. S. Eliot), E. P. Dutton, New York, 1958, p. 23.

8 A. KOYRÉ, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Harper and Brothers, New York, 1958, p. 276 (trad. it.: *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Feltrinelli, Milano, 1970).

9 Per una discussione più particolareggiata, si veda il mio *The Milky Way: An Elusive Road for Science*, Science History Publications, New York, 1972, pp. 103-105.

10 Cfr. *ibid.*, p. 119.

11 Cfr. *ibid.*, p. 154.

12 Nelle sue *Observations of the Appearances among the Fix'd Stars, called Nebulous Stars*, Philosophical Transactions XXXVIII (1733-34), pp. 70-74, DERHAM affermava che quegli ammassi nebulari rappresentavano ampie zone di luce « senza alcun dubbio al di là delle stelle fisse, e distinte da queste » (p. 73), e chiamava queste zone Terzo Cielo. Infinità dell'universo e finitudine del regno delle stelle sono ambedue sostenute nel *Cosmotheoros* di Huygens, pubblicato per la prima volta nel 1698 (cfr. la traduzione inglese, *The Celestial World Discovered'*, Thimothy Childe, Londra, 1698, p. 156). Nei suoi *Astronomical Principles of Religion, Natural and Reveal'd*, J. Senex, London, 1717, WILLIAM WHISTON poneva a contrasto il « grande sistema visibile dell'universo », il solo di cui debba occuparsi la scienza, con l'« insondabile abisso dell'infinito spazio extramondano » (p. 122).

13 Cfr. la seconda lettera di NEWTON a Bentley, in *The Works of Richard Bentley* (A. Dyce ed.), Francis Macpherson, London, 1838, vol. III, pp. 208-209.

14 KOYRÉ, nella sua analisi della controversia Bentley-Newton, in *From the Closed World to the Infinite Universe*, non cita l'affermazione — del tutto corretta — fatta da Bentley nella sua *Confutation of Atheism*, o, secondo il titolo originale, *Eight Sermons Preached at the Honourable Boyle Lectures in the first Year MDCXCII*, secondo cui un universo infinito di stelle omogeneamente distribuite rappresentava « una eguale attrazione su ogni lato di tutta la materia », ed era pertanto equivalente « a nessuna attrazione » (*The Works of Richard Bentley*, vol. III, p. 171). Non si trova, però, in Koyré, alcuna giustificazione per la qualifica di « intolerant divine » che S. BOCHNER attribuisce a Bentley nell'articolo « *Infinity* » (nel *Dictionary of the History of Ideas*, Charles Schribner's Sons, New York, 1968-1972, vol. II, pp. 604-617), la cui seconda parte, che tratta dell'infinito nella filosofia naturale, è un riassunto poco corretto di alcune delle tesi fondamentali sostenute da Koyré nel volume citato.

15 Per il testo di questi articoli, e una discussione del loro contenuto e del loro contesto, si veda il mio *The Parados of Olbers' Paradox*, Herder and Herder, New York, 1969, pp. 72-83 e 249-252. M. Hoskin, che ha trovato prova, nel *Journal of the Royal Society*, della presenza di Newton come presidente, allorché Halley lesse il suo saggio, ipotizza che Newton possa essersi addormentato. Cfr. HOSKIN, *Dark Skies and Fixed Stars*, Journal of the British Astronomical Association, 93 (1972), p. 260.

16 *Oeuvres de Maupertuis*, chez George Conrad Walther, Dresda, 1752, pp. 37-38.

17 Per questa e le citazioni seguenti dal *Discours* di MAUPERTUIS, cfr. *Oeuvres*, cit., pp. 85-87.

18 DERHAM raggiunge questa conclusione nel suo articolo, già citato alla nota 12.

19 Cfr. il mio *Planets and Planetarians: A History of Theories of the Origin of Planetary Systems*, Scottish Academic Press, Edinburgh, 1977, pp. 128-130, in cui si trovano ulteriori particolari sull'arbitraria utilizzazione da parte di Laplace, di varie scoperte di Herschel a sostegno della sua ipotesi della nebulosa.

20 *On the Construction of the Heavens* (1785), in *Scientific Papers*, vol. I, p. 223.

21 Per altri particolari, cfr. il mio *The Milky Way*, cit., pp. 195 e 214.

22 Cfr. *ibid.*, p. 216.

23 Tradotto in inglese con introduzione e note di Stanley L. Jaki: *Cosmological Letters on the Arrangement of the World Edifice*, Science History Publications, New York and Scottish Academic Press, Edinburgh, 1976.

24 Riportato nel primo, e ancora utile, saggio bibliografico su Lambert, M. GRAF, *Johann Heinrich Lambert's Leben*, in D. Huber (ed.), *Johann Heinrich Lambert nach seinem Leben und Wirken aus Anlass der zu seinem Andenken begangenen Secularfeier in dre Abhandlungen dargestellt*, Schweighausersche Buchhandlung, Basel, 1829, p. 35.

25 Come notato da Hoskin nella sua introduzione al reprint di WRIGHT, *Original Theory*, p. xxxii.

26 Nel citare in traduzione tedesca più di metà di tale recensione (*Nova acta eruditorum*, 1745, pp. 224-226), Kant si scusa per non avere a disposizione il *Discours* stesso. Kant deve averlo letto prima di lasciare per nove anni, con un incarico di tutore, Königsberg, dove, alla fine del 1754, ritornò con il manoscritto della *Allgemeine Naturgeschichte* pronto per la stampa.

27 Da che Helmholtz, nel 1854, diede un resoconto appassionato ma fuorviante, tanto sul piano storico quanto sul piano scientifico, della teoria di Kant della evoluzione del sistema solare, è diventato un luogo comune per gli storici e i filosofi della scienza, per non parlare degli ammiratori di Kant, parlare del genio scientifico di Kant. Di gran lunga più affidabile, benché ancora del tutto inapprezzata, è la valutazione (rovinosa) data della teoria di Kant da C. V. L. Charlier nel 1924. Per altri particolari, cfr. il mio *Planets and Planetarians*, cit., pp. 136-137 e 148.

28 Due sono le ragioni per cui questa enfatica asserzione dell'infinità dell'universo fisico non ebbe influenza nella seconda metà del diciottesimo secolo. La prima fu il ritiro della maggior parte delle copie dell'opera di Kant, poco dopo la pubblicazione, a causa del fallimento per bancarotta

dell'editore; la seconda fu la discussione delle quattro antinomie, nella *Critica della Ragion pura*, fra le quali quella dell'indecidibilità della questione della finitezza o dell'infinità dell'universo.

29 L'affermazione di Kant è troppo chiara per permetterne una restrizione, come avrebbe voluto A. O. LOVEJOY (nel suo *The Great Chain of Being*, Harper Torchbooks, New York, 1960, p. 365; trad. it.: *La grande catena dell'essere*, Feltrinelli, Milano, 1966, p. 290 n.), alle « stelle fisse già esistenti e visibili ». Come Lovejoy percepiva chiaramente, l'idea di eterni ritorni distrugge alla base qualunque credenza programmatica nel progresso senza limiti.

30 MAUPERTUIS lo afferma alla fine della sua *Lettre sur le progrès des sciences* (1752): cfr. *Oeuvres*, cit. pp. 351-352.

31 Cfr. l'introduzione di Hoskin a WRIGHT, *Original Theory*, cit., p. xxviii.

32 Cfr., per esempio, le osservazioni conclusive di G. M. SOMER nella sua introduzione alla traduzione dei tre saggi principali di Herschel sulla costruzione dei cieli, raccolti sotto il titolo *William Herschel über den Bau des Himmels* (bei Friedrich Nicolovius, Königsberg, 1791), pp. xi-xii. Questa traduzione si ricorda piuttosto per il fatto di essere stata stampata insieme ad estratti della *Allgemeine Naturgeschichte* di Kant, a cura di J. F. Gensichen, conformemente alle specificazioni di Kant. Parte delle osservazioni di Somer sono ripetute pressoché alla lettera dall'anonimo traduttore di Emanuel Kant, *Essays and Treatises on Moral, Political, and Various Philosophical Subjects*, stampato per il traduttore e venduto da W. Richardson, Londra, 1798-1799, vol. II, p. 331.

33 *On the Direction and Velocity of the Motion of the Sun and Solar System*, in *Scientific Papers*, vol. II, p. 318.

34 Herschel non specifica quale delle due edizioni egli abbia consultato. L'edizione del 1770 non porta il nome di Lambert sul frontespizio.

35 Cfr. « Mérian (Jean-Bernard) », in *Biographie universelle, ancienne et moderne*, L. G. Michaud, Parigi, 1821, Tome Vingt-huitième, pp. 371-372.

36 Nel 1795 Herschel si sentì « autorizzato ad affermare sulla base di principi astronomici che il Sole è un mondo abitabile », cosa che fece in un saggio *On the Nature and Construction of the Sun and fixed Stars*: cfr. *Scientific Papers*, cit., vol. I, p. 479. Sei anni più tardi egli descrisse il sole come « uno splendidissimo globo abitabile », in un saggio che presenta le sue *Observations tending to investigate the Nature of the Sun* (*ibid.*, vol. II, p. 147).

37 L'interesse del traduttore, A. Darquier, astronomo di Tolosa, per Lambert, è stato studiato con attenzione in un saggio speciale da R. Jacquel, le cui meticolose ricerche su Lambert sono ora disponibili nel suo *Le savant et philosophe mulhousien Jean-Henri Lambert* (1728-1777); *Etudes critiques et documentaires*, Editions Ophrys, Parigi, 1977. Cfr., in particolare, le pp. 141-153.

38 La traduzione, *The System of the World* (printed for Vernor and Hood... by J. Cundee, Londra 1800) era tratta probabilmente dalla seconda edizione del sunto di Merian, poiché essa porta il nome di Lambert sul frontespizio. Il traduttore, James Jacque Esq., è sfuggente quanto le copie della sua traduzione. Il prof. Jaquel mi ha cortesemente informato che una traduzione in lingua russa del sunto di Merian è stata pubblicata nel 1797 a Pietroburgo.

39 Per questi passi, cfr. M. K. MUNITZ (ed.), *Theories of the Universe: From Babylonian Myth to Modern Science*, Free Press, New York, 1957, pp. 250-263. Migliore la situazione del mondo di lingua tedesca, che aveva a disposizione una ristampa di circa i due terzi delle *Lettere* in F. LOWENHAUPT (ed.), *Johann Heinrich Lambert: Leistung und Leben*, Braun & Co., Mülhausen (Els), 1943, pp. 64-108.

40 *Cosmological Letters*, p. 160.

41 *Ibid.*, Prefazione, p. 47. Munitz afferma che Lambert, nelle *Lettere*, ha elaborato l'idea di un « singolo universo infinito » gerarchicamente organizzato (*op. cit.*, p. 145), ma questo contrasta non solo con le *Lettere*, ma anche con il riconoscimento da parte di LOVEJOY, nel suo *The Great Chain of Being* (pp. 139-140; trad. it. cit., p. 147) del fatto che per Lambert l'infinito in senso spaziale sembra « implicare il concetto inammissibile di un numero infinito realizzato ».

42 Per il testo del saggio di Chéseaux e per una discussione del suo contenuto e del suo contesto, cfr. il mio *The Paradox of Olbers' Paradox*, cit., pp. 84-93 e 253-255.

43 *De stella nova in pede Serpentarii* (1606), cap. xxi, dove Keplero nota anche come l'infinità dell'universo fosse affermata in forma circolare da Gilbert nel suo *De magnete*.

44 Première Partie, chapitre I, in *Oeuvres complètes de Voltaire*, Garnier Frères, Paris, 1877-1882, vol. XXII, p. 403.

45 *Oeuvres*, vol. XIX, p. 457.

46 Cfr. la voce « *Infini* », in vol. VIII (1765), p. 702.

47 In realtà, non c'è una voce « *Univers* » nell'*Encyclopédie*, e neanche nel suo *Supplément*. La voce, brevissima, « *Monde* » nel volume X (1765) parla di geografia. Nell'articolo « *Étoiles* » nel volume VI (1756) si afferma che le stelle, con ogni probabilità, non sono equidistanti dalla terra e che i pianeti intorno ad esse, con ogni probabilità, non sono abitati.

48 Fra i tanti che pubblicarono pamphlet o voluni su tale cometa vi furono anche Chéseaux e Martin Knutzen, professore a Königsberg nel tempo in cui vi studiava Kant.

49 Per altri particolari, cfr. il mio *Planets and Planetarians*, pp. 87 e 96.

50 *Oeuvres de Maupertuis*, p. 204.

51 Lambert pubblicò nel 1761 un eccellente trattato sul computo delle orbite delle comete. Il ruolo delle comete nella cosmologia di Lambert è esaminato a fondo in *Jean-Henri Lambert* (1728-1777) *et l'astronomie cometaire au XVIIIe siècle*, di R. JAQUEL, ristampato nella sua raccolta di saggi su Lambert. Cfr. la nota 37.

52 La Tavola fu pubblicata per la prima volta nel 1705. Poiché, come Lambert vide correttamente, cinque delle entrate si riferiscono a due comete, il numero effettivo delle entrate era di ventuno.

53 Su questi calcoli moderni, cfr. N. B. RICHTER, *The Nature of Comets* (tradotto da A. Beer, con una introduzione di R. A. Lyttleton), Methuen, Londra, 1963, p. 5.

54 *Cosmological Letters*, p. 129. dove Lambert parla di tali dimensioni come « grandi circa come la sfera d'influenza del nostro sole, o come l'estensione del nostro sistema solare ».

55 Questa rassomiglianza con un disco piatto è affermata esplicitamente da Lambert solo a proposito del sistema locale delle stelle e della Via Lattea. Cfr. *Cosmological Letters*, pp. 116 e 124.

56 Dei quattro disegni che concludevano i *Remarques sur les étoiles nébuleuses* di LE GENTIL, in *Mémoires de l'Académie des Sciences*, Année MDCCLIX, Imprimerie Royale, Parigi, 1765, p. 471, due erano riproduzioni di disegni eseguiti da Huygens e Picard rispettivamente, e due erano basati su osservazioni effettuate da Le Gentil stesso nel 1752 e nel 1758 rispettivamente.

57 Un tale confronto stava eseguendo a quel tempo Tobias Mayer a Göttingen. I suoi risultati preli-

minari vennero valutati da Lambert come una prova convincente.

58 Ci furono delle notevoli eccezioni, come Voltaire e Samuel Johnson.

59 L'osservazione è di A. FARRER nella sua introduzione alla traduzione di E. M. Huggard di Leibniz, *Theodicy: Essay on the Goodness of God, the Freedom of Man, and the Origin of Evil*, Yale University Press, New Haven, 1952, p. 8.

60 Citato in *Cosmological Letters*, p. 22.

61 Cfr. *Theodicy*, cit. pp. 371-372.

62 *Cosmological Letters*, p. 160.

63 Livre III, chap. vi; cfr. l'edizione a cura di J. BRUNSCHWIG, Garnier-Flammarion, Parigi 1966, pp. 264-266.

64 Il numero delle traduzioni francesi e tedesche dell'*Essay* « nel corso dei primi cento anni o più della sua esistenza » è fissato in 16 e 24 rispettivamente da M. Mack, nella sua introduzione alla sua edizione di *An Essay on Man*, Methuen, Londra, 1951, p. xli.

65 *Ibid.*, pp. 44-46 con varianti e note.

66 Per altri particolari, cfr. A. HARNACK, *Geschichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Reichsdruckerei, Berlino 1900, vol. I, pp. 404-406.

67 Non va dimenticato che KANT aveva progettato di dedicare la *Critica* a Lambert, che morì quattro anni prima della sua pubblicazione, nel 1781.

68 In tale capitolo Lambert esplorava le possibilità a lungo termine di ottenere la formulazione di una funzione in grado di generare tutti i numeri primi.

69 Citato in *Cosmological Letters*, p. 207. Tre anni più tardi, più o meno all'epoca della pubblicazione dell'*Anlage*, Lambert scrisse a Kaestner a Göttingen che uno dei risultati delle sue ricerche in logica, « che non piacerà ai metafisici non-geometrici, ma che resterà nondimeno vero, è che, per quanta attenzione un metafisico o un filosofo mettano a disporre in ordine e a connettere le loro idee astratte, tutte queste rimarranno nella confusione più completa fino al momento in cui essi non le abbiano sviluppate al punto in cui il matematico possa applicarvi immediatamente il calcolo, la riga e il compasso ». Cfr. K. BOPP, *J. H. Lamberts und A. G. Kaestners Briefe*, in Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, 1928, 18. Abhandlung, Walter de Gruyter, Berlin, 1928, p. 29. Nella prefazione della sua *Beschreibung und Gebrauch einer neuen und allgemeinen ecclipticschen Tafel...* im Verlag der Realschulbuchhandlung, Berlin, 1765, Lambert si riferisce a una eventuale formulazione di un metodo universale il cui uso renderebbe filosofi, teologi, moralisti e politici altrettanto unanimi quanto lo sono matematici e astronomi, così che « un uniforme modo di pensare e di credere potrebbe essere introdotto nel mondo ».

70 *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres. Année MDCCLXIII*, Haude et Spener, Berlin, 1770, pp. 421-438.

71 La *Cosmologia sacra* (1701), di Nehemiah Grew, il primo libro che porti la parola cosmologia nel suo titolo, è in realtà un volume che tratta problemi di esegesi biblica e non scientifici.

72 *Observations sur quelques dimensions...*, p. 430.

73 Pubblicato a l'Aja nel 1758 e nel 1759 da due differenti editori.

74 *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*, sumptibus viduae Eberhardi Klett, Augsburg, 1760, p. 42.

75 Citato in *Joh. Heinrich Lambert von Mühlhausen* da R. WOLF nelle sue *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz. Dritter Cyclus*, Orell, Füszli & Co., Zurich, 1860, p. 335.

76 *Ibid.*

77 Cfr. nota 42.

78 *Photometria*, cit., p. 505.

79 *Ibid.*

80 *Ibid.*

81 Documentato e discusso nel capitolo VIII, *The Myth of One Island*, del mio *The Milky Way*.

82 Quella di Darquier. Cfr. la nota 37.

83 Benché, nella sezione in cui tratta delle conseguenze cosmologiche della sua teoria della relatività generale, Einstein stesso abbia proposto un modello di spazio-tempo cilindrico, in cui la quantità totale di materia potrebbe essere infinita, si tratta di un modello — secondo le parole dello stesso Einstein — da non prendere in seria considerazione.

84 L'analogia diventa storicamente molto interessante con l'ulteriore (plausibile) assunzione che la nozione lambertiana di reggitore opaco abbia stimolato le speculazioni di Laplace sulle stelle rese opache dai loro campi gravitazionali, speculazioni spesso ricordate nelle discussioni recenti sulla fisica dei buchi neri.

85 Ho sviluppato ulteriormente questo aspetto dell'influenza della cosmologia scientifica sulla cosmologia filosofica nel capitolo 17 delle mie Gifford Lectures, *The Road of Science and the Ways to God*, University of Chicago Press, Chicago; Scottish Academic Press, Edinburgh; in corso di stampa.

86 « *Suffisante raison* », in *Encyclopédie*, vol. XV (1765), pp. 634-635.

87 Non sembra che, per quanto riguarda l'organizzazione gerarchica delle galassie e delle sopragalassie si sia andati molto più in là del tentativo che si trova nell'articolo di G. de Vaucouleurs, *The Case for a Hierarchical Cosmology*, Science 167 (1970), pp. 1203-1213.

88 Queste dimostrazioni a priori, nella misura in cui sono ad un alto livello matematico, non possono trovare — secondo il teorema di Gödel di incompletezza — in se stesse la dimostrazione della loro consistenza. La loro verità pertanto si appoggia su dati di natura sperimentale e osservativa, dei quali nessun cosmologo potrà mai dire di possedere la totalità.

Einstein: genialità e intuizione

BRUNO de FINETTI
Università di Roma

I PRIMI RICORDI E IMPRESSIONI

In occasione del prossimo centenario della nascita di Albert Einstein (1879-1955) si sta preparando una poderosa raccolta di scritti dei maggiori cultori delle teorie cui quel grande diede tanti poderosi e geniali contributi. In margine a tali contributi essenziali in campo scientifico, può forse valere la pena di esporre l'eco delle sue idee e costruzioni in un quasi profano che seguì con vivo interesse e partecipazione il cammino delle idee e il susseguirsi di polemiche e di lotte che esse dovettero sostenere per affermarsi.

Il mio interesse per le teorie di Einstein risale infatti all'epoca in cui ero studente (liceale, poi universitario) intorno al 1920: i '*roaring twenties*', tali anche per le accese polemiche pro e contro la teoria della relatività. Io ne ero attratto, sia per l'amore del nuovo e dell'originale, e sia perché le sue vedute venivano spesso associate alle filosofie relativiste (diffuse proprio allora dal volumetto *Relativisti contemporanei* di Adriano Tilgher), nonché a vedute probabilistiche, fin da allora (sia pur embrionalmente) di mio gradimento. (E non aveva già Confucio ammonito che 'certezza' è una delle parole che dovrebbero venire abolite?).

Ero, spiritualmente, dalla parte di Einstein anche perché a quell'epoca si alzavano alte e saccenti e presuntuose contro di lui le 'strida dei beoti': quelle strida che avevano incusso timore al sommo (... ma, in questo frangente, non troppo!) K. F. Gauss, inducendolo a tenere segrete le sue idee sulla geometria non euclidea. Einstein, invece, sentiva il dovere di affrontare tali strida a viso aperto, ma tuttavia ne sentiva e soffriva il peso, in modo acuto. Così infatti scriveva a Max Born nel 1919: « non riesco quasi più a respirare, per non dire dell'attendere a un lavoro ragionevole », e, nel 1920: « Così come all'uomo della favola accadeva che tutto ciò che toccava si trasformasse in oro, così per me tutto si trasforma in crucifige sui giornali ».
Queste citazioni, come le altre successive con indicazione del solo numero di pagina, sono tratte dal volume: Max Born, *Physics in my Generation*,

Springer-Verlag, New York, 1969 (2nd Ed., p. 112). Tale sistematico riferimento è anche dovuto al fatto che, come apparirà meglio in seguito, l'interpretazione di Born della teoria di Einstein e della fisica quantistica è, a mio avviso (di orecchiante, beninteso), la più coerente e soddisfacente. Le vedute di Einstein mi appaiono invece alquanto vaghe e oscillanti, soggette — direi — a pressioni di segno opposto, non saprei se per il passare del tempo o per il centrare le riflessioni su questo o quel tipo di questioni.

II IL 'CREDO' EMPIRICO

Una posizione nettamente empirista e pragmatista (quale io apprezzo e quale forse, in lui, si è andata via via annacquando) è stata chiaramente espressa da Einstein nel necrologio per Ernst Mach (p. 62). Così egli scrive: « I concetti che si sono dimostrati utili nel mettere ordine nelle cose acquistano facilmente una tale autorevolezza su di noi da farci dimenticare la loro origine umana così da considerarli come invariabili. Allora essi vengono eretti a 'necessità del pensiero', 'verità evidenti', 'dati a priori', ecc. E il cammino del progresso scientifico viene così, per tali errori, sbarrato per lungo tempo ». (E il discorso prosegue, specificando e sviluppando interessanti considerazioni).
Egli conclude che occorre ripensarli, spezzare la loro tirannica pretesa autoritaria, e, quando è indispensabile, rimuoverli, o correggerli, o sostituirli.

Come osserva Born (p. 14), ogni nostro concetto teoretico ha origine dall'osservazione e dalla sua *più plausibile* interpretazione (ecco già qui un barlume di probabilismo!). Il fattore decisivo è certamente il bisogno dell'uomo di credere in un « mondo reale esterno » (... « *the will to believe* »!). Ma (p. 25) il mondo degli oggetti fisici sta al di fuori del dominio dei sensi, che *lo tocca solo ai confini*: ci troviamo così nella impossibile situazione di chi pretenda di descrivere tutta una vasta regione inesplorata conoscendone soltanto il contorno. E quindi (p. 17) il principio di causalità, nella sua formulazione usuale, diventa vuoto di significato. Se è impossibile, per principio, *conoscere* tutte le condizioni (o cause) di un processo, è *parlare a vuoto* l'affermare che ogni evento è univocamente determinato e prodotto da una 'causa'.

Per passare ad un'osservazione più specifica del modo di vedere di Born, con cui concordo (differenziandomi dai meno empiristi, da quanti indulgono a considerazioni o fraseologie di sapore più o meno 'metafisico'), ecco un'altra citazione chiarificatrice (p. 10) a proposito del vaniloquesco discettare se la tal cosa 'esiste' o 'non esiste': riferendosi al caso di coordinate (che la teoria classica introduce salvo trascurarle per l'impossibilità di misurarle mentre la nuova non le introduce affatto): « naturalmente, *non è*

affatto proibito di credere all'esistenza di tali coordinate; ma il fatto è che esse non avrebbero un significato fisico se non quando si disponesse di un qualche metodo per osservarle sperimentalmente ».
Credo che ciò dovrebbe chiarire tutto, spazzando via i verbalismi.

III SPAZIO E TEMPO

La novità più affascinante mi apparve, fin dall'inizio, la fusione di spazio e tempo, particolarmente chiara e seducente nella geniale (e, in certo senso, *intuitiva*) rappresentazione geometrica di Minkowski. E c'erano (per me) due motivi specifici per apprezzarla e trovarla congeniale. Il primo è che si basava su un concetto *operativo*: la sperimentazione con segnali luminosi. (E l'esigenza di *operatività* per ogni definizione mi è sempre apparsa come *conditio sine qua non* per non ridursi a vaneggiamenti di pseudospiegazioni).

Il secondo è che costituiva una naturale — seppure a priori inimmaginabile — estensione della assai più semplice relatività galileiana, che tuttavia era bastata a sfatare la tradizionale concezione di uno spazio assoluto, fisso, immutabile, vuoto; e magari, fino all'epoca di Galileo, rigidamente solidale con la nostra piccola Terra immaginata come centro e scopo dell'Universo!

Anche il successivo passaggio dalla relatività ristretta alla relatività generale, e cioè, geometricamente, da uno spazio ordinario a uno *spazio curvo*, appare miracolosamente come una sovrumana intuizione: prima di trovare un'espressione matematica negli strumenti analitici predisposti da Ricci-Curbastro e Levi-Civita, egli disse di aver pensato a «qualcosa come un mollusco ». Tale processo, inizialmente di formazione di una siffatta immagine, e poi di riconoscimento dell'adeguatezza ad essa di un formalismo matematico astrattamente concepito e sviluppato da altri, mi sembra una delle prove più significative di una forza di pensiero ammirevole.

IV LA PROBABILITÀ NELLA MECCANICA STATISTICA

Le osservazioni che precedono riguardano questioni di cui non mi sono mai occupato espressamente, e sulle quali non volevo dire (e forse invece ho già detto qualcosa di più e di troppo) se non cenni a sfumature di atteggiamento rispetto a differenze più o meno profonde o vaghe di interpretazione o di modo di far lavorare l'immaginazione.
Ho lasciato espressamente per ultima la considerazione del campo di cui mi interesso specificamente, e cioè della *probabilità*. Non sarebbe certo il

caso di ripetere qui una trattazione espressamente rivolta all'argomento, ma mi appare necessario chiarire, con riferimento al mio punto di vista, alcuni aspetti delle diverse applicazioni della nozione di probabilità nel campo fisico, e in particolare quelle di Einstein o comunque ispirate alle teorie che a lui si richiamano.

Posso dire subito di trovare molti segni di coincidenza o affinità delle sue vedute con quella della concezione soggettivistica (anche se non esplicitamente dichiarata), ma le considerazioni generali di tal genere andranno fatte, ricapitolando, dopo essersi soffermati su alcuni temi specifici, cominciando dalla meccanica statistica, e con speciale riferimento ai capitoli 3° e 5° di Born: « *On the Meaning of Physical Theories* » e « *Einstein's Statistical Theories* ».

Riguardo a tali teorie, apprezzo soprattutto un passo avanti di Einstein nell'impostazione della meccanica statistica: mi sembra assai significativo che egli, pur avendo seguito in un primo momento l'impostazione di Gibbs che fa ricorso a un ingombrante e inutile '*ensemble*' (cioè: una grande collezione ipotetica di sistemi 'uguali'), abbia poi sentito il bisogno di sostituirvi un'impostazione meno macchinosa e più realistica facendo riferimento semplicemente *a un unico sistema* di cui si considera lo stato in molti successivi istanti per un tempo molto lungo, ottenendo così una larga collezione di successivi stati nel tempo (*Zeitgemeinschaft*).

È strano che, nonostante ciò, l'*'ensemble'* venga introdotto anche in trattazioni posteriori ad Einstein, come ad esempio in Schrödinger. La posizione di Einstein costituisce infatti un notevole felice passo intermedio tra una concezione artificiosamente e inutilmente frequentista ed una veramente soggettivista (quale, sia pure *in nuce*, quella di Boltzmann). Il passo di Einstein porta infatti un grande snellimento, un notevole passo verso la chiarezza, benché permanga l'idea di fondo di una probabilità intesa come frequenza (o frequenza limite). Il che elude il problema effettivo: di mostrare in modo *non circolare* le conclusioni probabili riguardo a delle frequenze, mentre la circolarità è palese se già per definizione le probabilità si identificano (o si vorrebbero identificare; ... in realtà ciò non sta in piedi) con le frequenze.

Come mi pare di aver scritto anche altrove (o l'ho solo detto scherzando con colleghi o studenti?) la probabilità e la frequenza sono due cose del tutto distinte con molti attributi in comune; bisogna fare attenzione, perciò, col massimo impegno, a non confonderle. Ciò infatti comporterebbe errori e nonsensi a non finire, come in certe commedie in cui due gemelli identici vengono continuamente e spassosamente confusi l'uno per l'altro. Ma, nel nostro caso, le confusioni non sarebbero affatto divertenti, bensì foriere, anziché di spasso, di una vera babele.

V MA, COSA 'È' LA PROBABILITÀ?

Come avrebbe risposto Einstein a questa domanda? Born (p. 62) dice di non aver notizia di alcuna affermazione di Einstein su tale problema; anzi non solo egli non prese parte alle discussioni in argomento (come divampavano tra i tentativi tipo von Mises oppure di logici o pseudologici), ma, aggiunge Born, «io suppongo anzi che li avrebbe scartati come speculazioni metafisiche o addirittura scherzosamente scherniti». Meno male: non capisco come potessero venir presi sul serio se non da persone che fingono — nella salace novella di Andersen — di vedere gli inesistenti abiti del re nudo perché asseritamente chi non li vedeva era idiota!

Il paragone è ancor più azzeccato ed esatto se si accetta la mia tesi, che — in forma apparentemente paradossale e provocativa — consiste nel dire che « la probabilità non esiste » (non esiste come entità di per sé): esiste solo, per ciascuno di noi e per gli eventi di cui ci si interessa, come giudizio di speranza, o timore, o comunque grado di attesa nel suo verificarsi.

Non solo è, per tal fatto, soggettiva, ma comunque (anche se si volesse negare ciò) *relativa* (dipendente — come ben disse Poincaré — da tutto ciò che in un dato momento *sappiamo* o *non sappiamo*). Se non fosse per la nostra ignoranza, o mancanza di memoria, ecc., ogni asserzione sarebbe o vera o falsa e la probabilità non avrebbe spazio per esistere. Il suo valore numerico è quello di una 'quota di scommessa'; non amo le scommesse, ma chi dice di « dare un certo risultato — ad es. sportivo — a 5 contro 3 » fa un'asserzione avente senso, valuta cioè le probabilità a 5/8 e 3/8 ossia a 62,5% e 37,5%, ossia riterrebbe equo pagare rispettivamente 625 Lire e 375 Lire per aver diritto a 1000 Lire se si verifica il primo caso o quello opposto.

Su questa base tutta la teoria delle probabilità si sviluppa semplicemente e inoppugnabilmente riducendosi a contabilità per scommesse 'eque' secondo la valutazione di un dato individuo. L'additività risulta come ovvia norma contabile!
Un ovvio corollario è che, se abbiamo una partizione in n casi possibili, e li giudichiamo ugualmente probabili, per ciascuno di essi la probabilità non può essere se non $1/n$ (e, per l'unione di m di essi, m/n).
E analogamente, se consideriamo n eventi anche compatibili, che giudichiamo ugualmente probabili, e attendiamo (come valor medio) che se ne verifichino m, la conclusione è la stessa. Le due pseudodefinizioni (prive di senso di per sé, mancando ogni significato operativo) sono così giustificate come metodi di valutazione in circostanze che ci inducono (per 'ragioni di simmetria', come spesso si dice) a giungere a conclusioni corrette, formalmente identiche a quelle gabellate per 'definizioni'.
Molti dei dubbi riguardanti il significato e il valore della probabilità svaniscono se si rinuncia a pretendere di trovarvi qualcosa che non esiste

o non ha senso (benché molte perplessità logico-psicologiche possano sempre riaffiorare caso per caso; ma non è qui il luogo di addentrarvisi ulteriormente).

VI LE 'MISTURE DI CASI PURI'

Il punto che riguarda più da vicino la mia impostazione della teoria delle probabilità è chiarito nel miglior modo (specie se il lettore è un fisico più che un matematico o un interessato alla teoria delle probabilità di per sé) riferendoci all'idea di Max Born (p. 163) di « riformulare la meccanica classica in modo tale che essa si occupi solo *di stati non strettamenti definiti*. Nella meccanica quantistica tale caso deve venire rappresentato mediante *una mistura di casi puri*. Born aggiunge : « questa presentazione mi sembra superiore a quella deterministica usuale, perché l'idea che possano esistere degli stati assolutamente precisati, ossia misure assolutamente esatte, è assurda », e « penso che la meccanica classica, formulandola in modo statistico [io preferirei dire: probabilistico] *è più sensata* dell'usuale presentazione pseudo-deterministica », e conclude « spero verrà generalmente adottata ».

Sono, naturalmente, più che d'accordo. Vorrei solo aggiungere che la nozione di « mistura di stati puri » coincide con quella derivante dalla mia definizione di '*scambiabilità*', nozione che (a parte la significatività applicativa) serve ad esprimere in modo intrinseco ed esatto il caso che si usa dire ' di indipendenza con probabilità costante ma incognita'. Dizione errata e fuorviante perché, in tali situazioni, la probabilità *varia* essendo dipendente dalle frequenze via via osservate. Come esempio banale: se faccio estrazioni con reimbussolamento da un'urna di composizione incognita, le estrazioni *sarebbero* indipendenti se io conoscessi la percentuale di palline bianche e nere; se *non la conosco* ogni estrazione è *informativa*, fa aumentare le probabilità delle composizioni più ricche di palline di quel colore, e, in definitiva, tenderà quasi certamente a un valore asintotico corrispondente alla frequenza osservata e coincidente con quello della percentuale *vera*.
Con le parole di Born (*ibid.*) « ogni nuova osservazione annichila la precedente distribuzione di probabilità e la sostituisce con un'altra; così abbiamo il fenomeno della 'riduzione delle probabilità' già menzionato e contro il quale Einstein sollevò eccezione ».

VII DIO GIOCA O NON GIOCA A DADI?

Con questa frase non troppo felice viene prospettata l'alternativa fra determinismo e indeterminismo, con riferimento ai fenomeni spiegati in modo probabilistico-statistico. Anche se la frase è scelta in senso metafori-

co, è difficile comprenderne il senso che rimane escludendo il riferimento religioso (non certo di pertinenza della Fisica, sia pure Teorica).
Ma, svincolandosene, che senso rimane? Temo non rimanga nulla (anzi lo spero ...), perché mi sembra uno pseudoproblema, una frase priva di contenuto operativo.
Se uno ammette che qualcuno (un veggente?) potesse 'vedere' qualunque cosa del futuro, potrebbe riferircelo, e, se gli crediamo, esserne certi. Eppure ci sono delle cose matematicamente certe, e che tuttavia non si potranno mai conoscere: si pensi alla miliardesima cifra di pigreco (o quella di posto 10^{100}) oppure al sapere se in tale sviluppo le 10 cifre hanno frequenza limite 1/10 o limiti diversi od oscillano indefinitamente tra certi minimi e massimi limiti.
Anche i fatti che avvengono — diciamo — 'a caso' presenterebbero gli stessi vuoti dubbi metafisici (o religiosi: 'non cade foglia che Dio non voglia'); si tratta di cose tra cui è difficile dire se ha senso o non ha senso discettare. Per conto mio direi di no (salvo spiegare tale 'no').
Giunti al confine di ciò che è valido, che realmente ha carattere scientifico o applicativo o culturale, non resta che fermarsi accettando la massima di Dante: « State contente, umane genti, al quia ».

VIII CONTINUO E DISCRETO RICONCILIATI

Comunque, al di là di ogni sottigliezza critica dal punto di vista metafisico (del quale del resto, di per sé, non interessa preoccuparsi qui), si deve chiudere dicendo che è ancora ad Einstein che si deve il lampo di genio (o, con la sapienza del poi, ... l'uovo di Colombo) che concluse, sostanzialmente, il lungo e faticoso periodo di maturazione, la lunga marcia di avvicinamento nel buio con sprazzi di luce, alla ricerca di una visione unitaria per superare l'apparente contraddizione tra le impostazioni e concezioni di natura continua (ondulatoria) e discreta (quantistica).
Fu Einstein, infatti (come narra Born [p. 94], dopo aver descritto le tappe precedenti di avvicinamento), che suggerì l'interpretazione del quadrato dell'ampiezza d'onda — il $|\Psi|^2$ — come densità di probabilità di trovare, in ogni dato punto e istante, una particella: fotone o elettrone, ecc. Si avrebbe, per spiegarlo con un'analogia intuitiva, la stessa informazione di una carta geografica indicante con diverse colorazioni la 'densità di popolazione' (senza, con ciò, permettere di localizzare ogni singolo individuo).
A parte questo risultato specifico, si è così presentato l'esempio più immediato di un tipo di visione il cui carattere appare sempre più generale. L'imbarazzante a lungo misteriosa antitesi ed unità delle due rappresentazioni, corpuscolare e ondulatoria, risultò chiarita, almeno formalmente. Fu un colpo di 'bacchetta magica' che trasformò un ammasso di nozioni ed idee che si presentavano, al tempo stesso, strettamente collegate e sostanzialmente irreconciliabili, nella sintesi di una chiara visione unitaria.

IX GRAZIE, EINSTEIN!

Dobbiamo un sentito 'Grazie!' ad Einstein, che, con tante idee d'ogni genere e con questo finale e in certo senso conclusivo passo, ha contribuito incessantemente alla formazione di questa nuova concezione del mondo fisico e della funzione che vi hanno la matematica in generale e la probabilità in particolare.

E non dobbiamo dimenticare il suo spirito altamente umano e umanitario, il suo modo di vita esemplarmente disinteressato e semplice, il suo orrore per gli orrori che, anche per colpa delle scoperte di cui egli condivide il merito, hanno prodotto, in mano a militari e politicanti dissennati, azioni che hanno insanguinato il mondo e disonorato l'umanità.

Che il Suo esempio ispiri gli sforzi per il progresso, sia scientifico, e sia, più ancora, civile morale e spirituale, dell'umanità!

B. de F.

Einstein: Originality and Intuition

BRUNO de FINETTI
Università di Roma

FIRST RECOLLECTIONS AND IMPRESSIONS - I

To celebrate the forthcoming centenary of the birth of Albert Einstein (1879-1955), an extensive collection of the writings of the major scholars of the theories to which this great man gave such far-reaching and original contributions is being published. As an aside to accompany these essential contributions in the realm of science, it may be worth while to sketch out how his ideas and constructions were echoed by a quasi-layman who took a lively interest in the progress of these ideas and the continual round of polemics and struggles that they had to face in order to gain favour.

My interest in Einstein's theories actually dates back to the period when I was a student (at grammar school and then at university) around 1920: the 'roaring twenties', which were such partly on account of the fiery polemics in favour of and against the theory of relativity. I was attracted by his theories, both because of my love for that which is new and original and also because his views were often associated with relativistic philosophies (which had gained publicity around that time through the little book *Relativisti contemporanei* by Adriano Tilgher), and likewise with probabilistic views such as were already to my liking even at that stage (albeit embryonically). (And hadn't Confucius long before warned that 'certainty' is one of the words that should be abolished?).

Spiritually I was on Einstein's side and one of the reasons for this was that at that time the 'loud cries of the Beotians' were rising up knowingly and overwheeningly against him: the very cries which had instilled fear in the august (but, at this juncture, not so much so!) K. F. Gauss, inducing him to keep his ideas about non-Euclidean geometry secret.

Einstein, on the other hand, felt the duty to face these cries openly, but nevertheless he felt and suffered under their weight, acutely. For thus he wrote to Max Born in 1919: « I can hardly breathe any more, to say nothing of doing reasonable work », and, in 1920: « Just as with the man in the fairy tale everything he touched was transformed into gold, with me everything becomes newspaper noise ».

These quotations, as also the following ones where only page numbers are indicated, are taken from the book: Max Born, *Physics in my Generation*, Springer-Verlag, New York, 1969 (2nd Ed.) (here the page to be cited is 112). This systematic reference, as will become clearer further on, is in part due to the fact that Born's interpretation of Einstein's theory and of quantistic physics is in my opinion (the opinion of a dabbling layman, of course) the most coherent and satisfactory. Einstein's views, on the other hand, seem to me to be somewhat vague and oscillating, subject — I would say — to conflicting pressures, whether on account of

the passage of time or as a result of centring attention on this or that type of questions, I cannot say.

THE EMPIRICAL 'CREED' - II

A decidedly empiricist and pragmatist position (of the kind that I appreciate and which perhaps, in him, little by little lost its edge) was clearly expressed by Einstein in the obituary for Ernst Mach (p. 62). His words are as follows: « Concepts which have been proved to be useful in ordering things easily acquire such an authority over us that we forget their human origin and accept them as invariable. Then they become 'necessity of thought', 'given *a priori*', etc. The path of scientific progress is then, by such errors, barred for a long time ». (And he discusses the matter further, specifying and developing interesting comments).
He concludes that it is necessary to rethink them, to shatter their titanic authoritarian claim, and, when it is indispensable, to remove them, or correct them or substitute them.

As Born (p. 14) observes, every one of our theoretical concepts originates in observation and its *most plausible* interpretation (here is a glimmer of probabilism already!). The decisive factor is certainly man's need to believe in a « real external world » (... « the will to believe »!). But (p. 25) the world of physical objects lies outside the realm of the senses, which *touches it only at the edges*: we thus find ourselves in the impossible situation of one who would claim to describe a whole unexplored region while knowing only its contour. And so (p. 17) the principle of causality, in its usual formulation, becomes devoid of meaning. If it is on principle impossible to *know* all the conditions (or causes) of a process, to assert that every event is univocally determined or produced by a 'cause' is *idle talk*.

Turning now to a more specific look at Born's way of seeing things, with which I am in agreement (I differ from those who are less empiricist or from those who indulge in considerations or phraseology of a more or less 'metaphysical' flavour), here is another clarifying quotation (p. 10) concerning the fatuous disquisition as to whether a given thing 'exists' or 'does not exist': referring to the case of coordinates (which the classical theory introduces only to neglect them on account of the impossibility of measuring them while the new theory fails to introduce them at all): « of course, *it is not forbidden to believe in the existence of these co-ordinates;* but they will only be of physical significance when methods have been devised for their experimental observation ».
I think that this should make everything clear, with all verbalisms swept away.

SPACE AND TIME - III

Right from the start the most fascinating innovation seemed to me to be the fusion of space and time, which is particularly clear and seductive in the brilliant (and in some sense *intuitive*) geometric representation of Minkowski. And there were (for me) two specific reasons for appreciating it and finding it congenial. The first was that it was based on an *operative* concept: the experimentation with light signals. (And the requirement of *operativeness* for every definition has always appeared to me as the *conditio sine qua non* to avoid the pitfall of raving pseudo-explanations).

The second was that it constituted a natural — although *a priori* unimaginable — extension of the considerably simpler Galilean relativity, which latter had nevertheless been sufficient to explode the traditional conception of absolute, fixed, changeless and empty space, that was even supposed, right up to the era of Galileo, to be rigidly linked with our little Earth imagined as the centre and aim of the Universe!

The later transition from restricted relativity

to general relativity, i.e., geometrically speaking, from an ordinary space to a *curved space*, also appears miraculously as a superhuman intuition: before finding a mathematical expression in the analytical tools made available by Ricci-Curbastro and Levi-Civita, he said that he had thought of « something like a mollusc ». This process, initially one of formation of an image of this type, and then the recognition of the aptness for it of a mathematical formalism already abstractly conceived and developed by others, seems to me to be one of the most significant pieces of evidence for an admirable power of thought.

PROBABILITY IN STATISTICAL MECHANICS - IV

The foregoing observations concern matters I have never dealt with expressly, on the subject of which I did not wish to pronounce myself (but perhaps I have already done so and gone too far) other than to mention and hint at an attitude with regard to more or less deep or vague differences of interpretation or of manner of putting one's imagination to work.

I have purposely left till last an examination of the field which is of special concern to me, namely that of *probability*. This is certainly not the place to go over the same ground as a work that expressly deals with the topic, but it seems necessary to me to clarify, with reference to my point of view, several aspects of the various applications of the notion of probability in the realm of physics, and in particular those of Einstein himself or else inspired by the theories that look back to him.

I can say straight away that I find many signs of coincidence or affinity of his views with that of the subjectivist conception (even though not explicitly declared), but the general considerations of this kind will be stated in the recapitulation after a closer look at a few of the specific questions, beginning with statistical mechanics and with special reference to Born's 3rd. and 5th. chapters: « *On the Meaning of Physical Theories* » and « *Einstein's Statistical Theories* ».

Concerning these theories, I appreciate above all the step forward made by Einstein in his approach to statistical mechanics: I deem it fairly significant that despite having at first followed Gibbs' approach, which has recourse to a cumbersome and useless '*ensemble*' (that is, a large hypothetical collection of 'equal' systems), he later felt the need to substitute it with a less involved and more realistic approach by referring simply to *a single system*, the state of which is examined in many successive instants over a very long period of time, so as to obtain a large collection of successive states over time (*Zeitgemeinschaft*).

It is strange that this notwithstanding the '*ensemble*' should have been introduced again in treatments dating later than Einstein, as for example in Schrödinger. For Einstein's position shows the considerable achievement of striking a happy medium between an artificially and uselessly frequentist conception and a genuinely subjectivist one (such as that of Boltzmann, even though *in nuce*). For Einstein's step forward brought with it a great paring down, a considerable step towards clarity, even though there remained the underlying idea of probability understood as frequency (or limit frequency). Which avoids coming to grips with the true problem: how to demonstrate the probable conclusions with regard to some frequencies in a non-circular manner, since the circularity is obvious if by their very definition probabilities are identified (or are claimed to be identified; ... in actual fact the argument does not stand up) with frequencies.

As I believe I have written elsewhere (or have I merely said it when joking with colleagues or students?), probability and frequency are two completely distinct things which share many attributes; great care must therefore be taken not to confuse them. For this would lead to untold errors and absurdities, like in certain comedies where

two identical twins are continually and comically mistaken one for the other. But in our case the confusion would be far from funny, and would be the harbinger not of amusement but rather of a real babel.

BUT, WHAT 'IS' PROBABILITY? - V

How would Einstein have answered this question? Born (p. 62) says that he knows of no statements of Einstein's on this question; on the contrary, not only did he not take part in the discussions on this matter (of the kind that are rampant in attempts like von Mises' or those of logicians or pseudo-logicians), but Born adds: « I suppose he would have dismissed them as metaphysical speculations, or even joked about them ».
Thank goodness: I fail to see how they could be taken seriously unless by people pretending — in the salacious tales by Andersen — to see the inexistent clothes of the naked emperor, because it had been proclaimed that whoever could not see them was a fool!

The comparison is even sharper and preciser if one accepts my argument, which — taking on an apparently paradoxical and provocative form — consists of saying that « probability does not exist » (does not exist as an entity in its own right): it exists, for each of us and for the events with which we are concerned, only as an estimation of hope or fear or at any rate of a degree of expectation of its coming to pass.

Not only is it for this reason subjective, but, however one may look at things, it is (even though one might wish to deny it) *relative* (depending — as Poincaré rightly pointed out — on everything that in any given moment *we know* or *do not know*). If it were not for our ignorance, or lack of memory, etc., every statement would be either true or false and probability would have no room for existence. Its numerical value is that of a 'betting quotient'; I dislike betting, but a person who says that he « lays the odds on a meaningful assertion in, say, a sporting event, at 5 to 3 » actually puts the probability at 5/8 and 3/8 which means at 62,5% and 37,5%, in other words he would consider it fair to pay respectively 625 Lire and 375 Lire to gain the right to 1000 Lire if the first case or the opposite turns out to be true.

On this basis the whole of the theory of probability develops simply and incontrovertibly by reducing itself to book-keeping for 'fair' bets according to the estimations of a given individual. Additiveness turns out to be obvious norm of book-keeping!
An obvious corollary is that if we have a partition into n possible cases, and we judge them to be equally probable, the probability of each one of them cannot but be $1/n$ (and for the union of m of them, m/n).
And analogously if we consider n events which may well be compatible and which we deem equally probable, of which we expect (on the average) m to come to pass, the conclusion is still the same. The two pseudodefinitions (meaningless in and of themselves since any operative meaning is quite absent) are justified in this way as methods of evaluation in circumstances which lead us (for 'reasons of symmetry', as is often said) to reach correct conclusions, formally identical to those passed off as 'definitions'.
Many of the doubts concerning the meaning and value of probability disappear if one renounces the pretence of finding in it something which does not exist or has no meaning (although many logical-psychological uncertainties can still surface again case by case; but this is not the place to go into the matter more deeply).

THE 'MIXTURES OF PURE CASES' - VI

The point that has the greatest bearing on my approach to the theory of probability is made particularly clear (especially if the reader is a physicist rather than a mathema-

tician or is someone interested in the theory of probability in its own right) by referring to the idea of Max Born (p. 163). His idea was « to reformulate classical mechanics in such a way that it dealt only with not sharply defined states ». « In quantum mechanics [it] has to be represented by a mixture of pure cases ».
Born adds: « this presentation seems to me superior to the usual deterministic one, because the idea that there are absolutely sharp states, i.e., absolutely exact measurements, is absurd », and « I think that classical mechanics formulated in a statistical [I would prefer to say: probabilistic] manner is more sensible than the usual pseudo-deterministic presentation », and he concludes by saying » I hope that it will be generally adopted ».

Of course, I quite agree. I only wish to add that the notion of « mixture of pure cases » coincides with the one deriving from my definition of '*exchangeability*', a notion that (apart from its relevance for applications) serves to express in an intrinsic and exact manner the case which normal usage describes as one 'of independence with constant but unknown probability'. This wording is mistaken and misleading, because in such situations the probability *varies* since it depends on the frequencies observed in the normal course of affairs. To take a trivial example: if I extract poll-balls and then return them to the ballot box, the composition of the contents of which is unknown, the extractions *would be* independent if I knew the percentage of black and white balls; if *I do not know it* each extraction is *informative*, increases the probability of compositions richer in balls of that colour, and will all told almost certainly tend towards an asymptotic value corresponding to the observed frequency and coinciding with that of the *true* percentage.

In Born's words (*ibid.*), « each new observation annihilates the former distribution of probability and substitutes another one; thus we have the phenomenon of the 'reduction of probabilities' that I have already mentioned and to which Einstein took exception ».

DOES GOD PLAY DICE OR DOES HE NOT? - VII

This not terribly happy turn of phrase portrays the alternative between determinism and indeterminism, with reference to phenomena explained in a probabilistic-statistic fashion. Even if the phrase is to be read metaphorically, it is hard to fathom the meaning that remains once the religious reference (an unlikely candidate for any bearing on Physics, never mind if Theoretical) is excluded.
But, having got rid of it, what meaning remains? None at all, I fear (or rather, I hope ...), for it seems to me to be a pseudo-problem, a phrase devoid of operative content.
If one allows the possibility that someone (a clairvoyant?) could 'see' absolutely anything of the future, this someone could tell us about it and, if we believe him, we could obtain certainty about it. And yet there are mathematically certain things which nevertheless can never be known: consider the milliardth digit of π (or that at the 10^{100} th. place) or the case of knowing whether in this development the ten digits have a 1/10 limit frequency or different limits or whether they oscillate indefinitely between certain minimum and maximum limits. Things that happen — let us say — 'by chance' would also reveal the same metaphysical doubts (or religious ones: 'Not a leaf falls but God wills it'); these are matters in which it is hard to say whether there is any sense or no sense in arguing about them. As far as I am concerned, I would say there is none (except to explain this denial).

Having thus reached the boundary of that which is valid, and truly has a scientific or applicational or cultural character, we are left with no other option than to stop short and accept Dante's maxim: « *State*

contente, umane genti, al quia » (Rest content, mankind, with *quia*).

CONTINUOUS AND DISCRETE RECONCILED - VIII

When all is said and done, beyond all critical subtleties concerning things metaphysical (which in any case do not call for an investigation in their own right here), it must be stated in closing that it is still to Einstein that we owe the flash of genius (or, with hindsight, ... Columbus' egg) which substantially brought to conclusion the long and laborious process of maturation, the long march approaching through the dark with gleams of light, in pursuit of a unitary vision to overcome the apparent contradiction between the frameworks and conceptions of continuous (wave) and discrete (quantistic) nature.
For it was Einstein (as Born [p. 94] relates, after having described the preceding stages of his drawing closer, who suggested the interpretation of the square of the wave amplitude — o$|\Psi|^2$ — as the density of the probability of finding a particle at every given point and instant: a photon or electron, etc. To take an intuitive analogy, this amounts to having the same kind of information as that afforded by a map that indicates the 'density of population' by the different colourings (but without allowing one to locate each and every individual).

Apart from this specific result, the most immediate example has hereby been provided of a type of vision whose character shows itself to be more and more general. The embarassing and for a long time mysterious antithesis and unity of the two representations, particle and wave, was clarified, at least in formal terms.
It was a wave of a 'magic wand' which transformed an array of notions and ideas that had the appearance of being at one and the same time closely connected and substantially unreconcilable into the synthesis of a clear unitary vision.

THANK-YOU, EINSTEIN! - IX

We owe a heart-felt 'Thank-you' to Einstein, who with so many ideas of all kinds and with this last and in some sense conclusive step has contributed unceasingly to the formation of this new conception of the physical world and of the function therein of mathematics and in particular of probability. We must also not forget his most humane and humanitarian spirit, his horror at the horrors, the latter partly attributable to the discoveries for which he takes much of the credit, that were engendered at the hands of crazed military men and politicians by deeds that left behind a gory wake and dishonoured mankind.
May his example inspire all striving towards the scientific and above all civil, moral and spiritual progress of mankind!

B. de F.

Translation: R. Costa Barritt - Pisa

SCIENTIA *is pleased to publish here Prof. Bernhard Rensch's reply to the 'Note of the Board' published in issue V-VIII/1977 at the end of his article:*

SCIENTIA *è lieta di pubblicare la risposta del Prof. Bernhard Rensch alla 'Nota della Direzione' apparsa nel fascicolo V-VIII/1977 in calce al suo articolo:*

Panpsychistic Identism and its Meaning for a Universal Evolutionary Picture

When the above mentioned article appeared in 'Scientia' Vol. 112 (1977), p. 337-349, the Scientific Editorial Board had added a critical note in order to open a debate. The Editor had tried to inform me about it, but regrettably I never received the corresponding letter. Hence, I could not add a reply to this critical note. Now the Editor kindly invited me to send my comments. I am grateful to have this opportunity, because it will be useful to clarify some points, which I perhaps did not explain clearly enough.

Allorché l'articolo sopra indicato apparve in 'Scientia' Vol. 112 (1977), p. 337-349, la Direzione Scientifica vi aggiunse un nota critica per aprire una discussione. L'Editor ha cercato di informarmi di ciò ma purtroppo non ho mai ricevuto la lettera in proposito. Non ho perciò potuto aggiungere una risposta a questa nota critica. L'Editor mi invita ora cortesemente a inviare le mie osservazioni. Sono grato di avere questa occasione che sarà utile per precisare alcuni punti che non ho forse sviluppato in modo sufficientemente chiaro.

The identification of matter and mind, although held by many philosophers and several scientists, is certainly not a fact which can be proved, but a hypothesis based on epistemological considerations and results of scientific investigations. But the same holds good for the two main alternatives: psychophysical parallelism and psychophysical interactionism. In my opinion identism, more correctly termed panprotopsychic identism, is a much more probable hypothesis than the dualistic assumptions because of the following facts and considerations:

1) Identism takes into account that only conscious phenomena are indubitable facts, whereas 'matter' is only concluded from our psychic phenomena. But as everybody has such analysable phenomena, we are justified to suppose that 'matter' exists extramentally. - 2) The synchronism of many (probably all) psychic phenomena and of

L'identificazione di materia e psiche, pur essendo sostenuta da molti filosofi e da vari scienziati, non è certo un fatto che possa essere provato, ma un'ipotesi basata su considerazioni epistemologiche e su risultati dell'indagine scientifica. Ma ciò vale anche per le due altre fondamentali alternative: il parallelismo psicofisico e l'interazionismo psicofisico. A mio avviso l''identismo', più propriamente designato 'identismo panprotopsichico', è un'ipotesi più probabile delle assunzioni dualistiche per i fatti e le considerazioni seguenti:

1) L''identismo' considera che soltanto i fenomeni coscienti sono fatti indubitabili mentre ciò che è 'materia' viene inferito solo dai nostri fenomeni psichici. Ma dal momento che ciascuno sperimenta fenomeni analizzabili in questo modo è giustificato supporre che la 'materia' esista al di fuori della mente. - 2) Il sincronismo di molti fenomeni psichici (probabilmente tutti) con i processi cerebrali può essere meglio spie-

physiological brain processes can be explained best by an identification. Dualistic opinions have the difficulty to explain the origin of the 'prestabilized harmony' between psychological and physiological brain processes. Dualists are forced to assume the development of innumerable special laws which would guarantee that each type of sensation and mental image is always connected with the same special physiological process. - 3) Identism is totally compatible with the usual 'materialistic' methods of natural science and with 'materialistic' explanations of events. However, strict materialism is an impossible philosophic opinion because psychic phenomena exist. Therefore 'materialists' have to be called identists. - 4) Because mass is equivalent with energy, physicists at present regard 'matter' only as an imperfectly known 'last something' governed by universal laws. This makes it easier to understand the identification of 'matter' and mind. - 5) Panprotopsychic identism makes the phylogenetical and the ontogenetical development of psychic processes understandable. It avoids the assumption that something immaterial could voluntarily produce bodily effects, for this would infringe the law of conservation of energy. - 6) Dualistic opinions cannot explain the phylogenetic and ontogenetic development of psychic phenomena, because these are supposed to be something immaterial which did not exist in the solar system and the earth before higher animals originated. Identism on the contrary has the advantage that the origin of psychic processes fits in well with the general process of the successive development of inorganic matter, prestages of life due to chemical reactions, first real organisms leading to higher animals experiencing psychic phenomena, based on the protopsychic nature of 'matter'.

The main point which may easily produce misunderstandings about identism is the therm 'panpsychism'. This term, so often used by philosophers without sufficient definition, does not mean, that a stone, a piece of wood, a fluid, a gas or an atom is

gato con una identificazione. Le concezioni dualistiche incontrano difficoltà a spiegare l'origine della 'armonia prestabilita' fra i processi psicologici e quelli fisiologici del cervello. Esse sono obbligate ad assumere lo sviluppo di innumerevoli leggi speciali in grado di garantire che ogni tipo di sensazione ed immagine mentale sia sempre collegata allo stesso specifico processo fisiologico. - 3) L''identismo' è del tutto compatibile con gli usuali metodi 'materialistici' della scienza naturale e con le spiegazioni 'materialistiche' degli eventi. Il materialismo in senso stretto è tuttavia una concezione filosofica impossibile in quanto esistono fenomeni psichici. I 'materialisti' devono perciò essere designati come identisti. - 4) Poiché la massa è equivalente all'energia i fisici considerano attualmente la 'materia' come un qualcosa di ultimo imperfettamente sconosciuto e governato da leggi universali. Ciò rende più facile comprendere l'identificazione di materia e psiche. - 5) L''identismo panprotopsichico' rende comprensibile lo sviluppo filogenetico e ontogenetico dei processi psichici. Esso evita l'assunto che qualcosa di immateriale possa volontariamente produrre effetti corporei poiché ciò infrangerebbe la legge di conservazione dell'energia. - 6) Le concezioni dualistiche non possono spiegare lo sviluppo ontogenetico e filogenetico dei fenomeni psichici poiché si suppone che questi siano qualcosa di immateriale che non esisteva nel sistema solare e sulla terra prima dell'origine degli animali superiori. L''identismo' al contrario ha il vantaggio di accordare bene l'origine dei processi psichici con i processi generali riguardanti lo sviluppo successivo della materia inorganica, con gli stadi preliminari della vita dovuti a reazioni chimiche, con i primi veri organismi che si sono evoluti sino agli animali superiori in grado di sperimentare fenomeni psichici, basati sulla natura protopsichica della 'materia'.
Il punto fondamentale che può facilmente produrre malintesi sull''identismo' è il termine 'panpsichismo'. Tale termine così frequentemente usato da filosofi senza un'adeguata definizione non significa che una pietra,

'ensouled'. It should only mean that all matter has a protopsychic nature, which allows that in certain highly complicated systems like neurons and brains the functioning of these structures can lead to sensations and mental images. The emergence of conscious phenomena could successively happen by the development of new systemic relations. In all new systems arise new characteristics. For example the connections of the metal sodium with the gas chlorine causes the totally new characteristics of salt. Hence *the basic protopsychic essence of matter must not yet have any similarity with real psychic phenomena*. It is therefore better to speak of *panprotopsychism*.

Finally, panprotopsychic identism fits well in the assumption of a general lawfulness of all events. Because causality cannot be proved in some microphysical processes, Heisenberg, Born, Jordan and other physicists concluded that we have to do with acausality in these cases. This acausality was then also identified with freedom.

However, such conclusions were unwarranted, for acausality is not proved, but causality cannot be stated in some cases. Many other microphysical processes, however, show causality, for example, when elementary particles hit one another. It is therefore possible to regard all events in the world as lawful happenings, including physiological brain-processes and psychical phenomena which can be identified with them. But the processes in human brains are so complicated that it is only possible to prove their lawfulness in some cases.

Ultimate conclusions always lead to opinions which seem to be incompatible with normal anthropocentric thinking. But we must take into consideration that man has been adapted to his milieu in the course of his phylogenetic development only in such a manner that he can live and act purposively. It was therefore sufficient for him to think that a rose is red and a prey is green (although the colours only arise in his brain) and that

un pezzo di legno, un fluido, un gas o un atomo siano 'animati'. Esso dovrebbe soltanto significare che tutta la materia ha una natura protopsichica la quale permette che in certi sistemi altamente complessi, come i neuroni e i cervelli, il funzionamento di queste strutture possa condurre a sensazioni e a immagini mentali. L'emergenza di fenomeni coscienti potrebbe avvenire successivamente per lo sviluppo di nuove relazioni sistemiche. Per esempio la congiunzione del metallo sodio con l'acido cloridrico causa le caratteristiche totalmente nuove del sale da cucina. Perciò l'*essenza fondamentale protopsichica della materia non deve avere ancora nessuna somiglianza con i reali fenomeni psichici*. È quindi meglio parlare di *panprotopsichismo*.

L'identismo panprotopsichico infine si concilia bene con l'assunto di una completa conformità generale a leggi di tutti gli eventi. Dal momento che la causalità non può essere provata in alcuni processi, Heisenberg, Born, Jordan ed altri fisici conclusero che in questi casi noi abbiamo a che fare con una acausalità. Tale acausalità venne perciò identificata con la libertà. Simili conclusioni erano tuttavia infondate poiché non è tanto la acausalità ad essere provata, quanto la causalità a non essere precisata in alcuni casi. Molti altri processi microfisici presentano tuttavia una causalità, quando ad esempio particelle elementari si urtano l'un l'altra. È perciò possibile considerare tutti gli eventi del mondo come processi conformi a leggi, compresi i processi fisiologici cerebrali ed i fenomeni psichici che possono essere con essi identificati. I processi cerebrali sono tuttavia così complessi che solo in alcuni casi è possibile provare la loro conformità a leggi.

Le conclusioni definitive conducono comunque a concezioni che appaiono incompatibili con l'usuale modo di pensare antropocentrico. Dobbiamo però prendere in considerazione il fatto che l'uomo si è adattato al suo ambiente nel corso del suo sviluppo filogenetico solo in modo da poter vivere ed agire finalisticamente. Fu perciò sufficiente per lui pensare che una rosa è rossa ed una

constant measures exist in space and time (although they are relative) and that matter and mind are totally different. But science and philosophy had to get rid of such anthropocentrical thinking.

preda è verde (pur insorgendo i colori nel suo cervello) e che misure costanti esistono nello spazio e nel tempo (pur essendo esse relative) e che la materia e la psiche sono totalmente differenti. Ma la scienza e la filosofia devono liberarsi di questo modo di pensare antropocentrico.

BERNHARD RENSCH

L'eurocomunismo, ovvero: "Il gioco delle parti"

Parte I: L'eurocomunismo è rivoluzionario? - La via nazionale al socialismo - L'imperialismo nelle relazioni internazionali - Il problema della coesistenza pacifica

LUIGI BONANATE
Università di Torino

1 L'EUROCOMUNISMO È RIVOLUZIONARIO?

Non è più un problema, se mai lo è stato, stabilire se l'eurocomunismo esista davvero e neppure che cosa realmente sia, perché ormai le interpretazioni, autentiche o dottrinali, sono tante che il problema è al massimo districarvisi; ma quel che resta aperto (e non potrebbe essere diversamente) è un dilemma che si trova icasticamente tradotto nella fantapolitica della *Bottiglieria Molotov. Brigate rosse alle Botteghe Oscure* di Ugo Pirro. Rifugiatisi nella sede del PCI in attesa di venirne sloggiati dalla polizia, così i brigatisti sintetizzano il significato della loro azione: « se accettate la nostra proposta [protezione nei confronti della polizia], avrete smentito la vostra politica ... Vi comprometterete con noi e finirete una buona volta di considerarci provocatori ... Se avvertite la polizia, dimostrerete ciò che da sempre sosteniamo: che siete venduti ai padroni, alla polizia, eccetera, eccetera »[1].

Commisurato alla strategia eurocomunistica il dilemma diventa: l'eventuale successo dell'eurocomunismo sconvolgerà il sistema internazionale, violando quella fondamentale regola del gioco che sembra aver caratterizzato i rapporti attuali tra le due massime potenze, e cioè che la pace riposa sulla stabilità, o più esattamente sull'*immobilità*, dell'assetto internazionale costituito (almeno per quanto riguarda tutti gli stati che, coinvolti nella seconda guerra mondiale, hanno dagli esiti di questa ricevuto una precisa collocazione internazionale); oppure l'eurocomunismo può portare al governo dei partiti comunisti nell'area di dominio statunitense senza che nulla venga smosso, semplicemente giostrando su certi « spazi maggiori di autonomia e di iniziativa che, *astrattamente almeno*, si aprono per i diversi paesi con lo sviluppo del processo di distensione »[2]? Per quanto riguarda l'influenza che i mutamenti dell'ordine interno di uno o più stati hanno sull'ordine internazionale, mentre la prima alternativa, se si realizza, ha un valore destabilizzante e quindi 'rivoluzionario' (cioè sovvertitore dell'ordine costituito), con la conseguenza di rappresentare una minaccia per la pace (se è vero che questa si regge, oltre che sull'equilibrio del terrore, sulla controassicurazione tra i due sottosistemi prevalenti del sistema internazionale a favore della conservazione dello *statu quo*); la

seconda, oltre a lasciare dei dubbi sulla possibilità di riempire in modo significativo (con elementi di socialismo) quegli spazi astrattamente individuabili, non esercitando alcun potenziale dirompente sull'ordine internazionale porta a giudicare l'eurocomunismo come semplice meccanismo per il riaggiustamento (anche se involontario) di un sistema capitalistico in crisi, se non addirittura come illusione di poter conquistare il potere non soltanto senza rivoluzione, ma con il consenso (o la passiva acquiescenza) delle forze conservatrici dell'ordine, tanto interno a ciascuno stato quanto di quello internazionale.

In altri termini, il PCI e gli altri partiti eurocomunisti sono partiti rivoluzionari, con il che sembra si voglia intendere esclusivamente la disposizione a ricorrere alla violenza, o sono partiti democratici (o peggio: socialdemocratici) che contemplerebbero esclusivamente il ricorso alle urne elettorali? L'eurocomunismo costituisce un pericolo per gli Stati Uniti, avvelenandone l'aria democratico-borghese, o deve esser temuto dall'Unione Sovietica, per la quale rappresenterebbe non soltanto la perdita di amici lontani, ma anche la sconfessione dell'unicità della sua via al socialismo? Gli Stati Uniti possono apprezzarne la misura in cui incrina il monolitismo sovietico e convalida le critiche che da sempre essi muovono al regime di tipo sovietico. Ma, anche se l'eurocomunismo non si identifica con il 'socialismo reale', non di meno, una volta al potere, non respingerebbe l'abbraccio americano? Dall'altra parte l'Unione Sovietica non può che apprezzare il rafforzamento (non fosse altro che elettorale) dei partiti comunisti dell'Europa occidentale, ma nello stesso tempo, anche se non ne può realmente temere la capacità di raggiungere il potere, è infastidita dalla messa in discussione del 'modello' che ispira e, più ancora, dalla capacità che il modello alternativo ha di galvanizzare i movimenti dissidenti nel mondo del socialismo reale.
Comunque lo si guardi, sembra che l'eurocomunismo debba essere una incarnazione del machiavellismo e gli si chiedono continuamente prove di buona fede, sincerità, come se, a differenza di qualsiasi altra idea, dovesse esser certamente ambigua, doppia, infida[3]. Nascono così da un lato delle paure riassumibili nell'ipotesi che un partito comunista, una volta al potere, non può non gettare la maschera democratica per mostrare il suo volto totalitario; da un altro punto di vista (che per una volta paradossalmente accomuna, ma solo per un istante, i comunisti di osservanza russa e quelli senza osservanza alcuna, cioè i gruppi a sinistra dei partiti comunisti) discende invece il timore che la patente democratica così faticosamente conquistata renda quei partiti 'troppo' democratici, tanto cioè da farli divenire 'social'-democratici e quindi persi per la lotta rivoluzionaria[4].

In ogni caso l'eurocomunismo si trova continuamente, e inevitabilmente, sotto il fuoco incrociato delle destre e delle sinistre sia internazionali sia interne, il che spiega la sua centralità nel dibattito politico internazionale,

il suo successo editoriale-giornalistico (i libri d'attualità sull'eurocomunismo escono a getto continuo in Spagna, Francia e Italia, ma anche altrove)[5]; l'interesse infine di un tentativo non certo di farne un bilancio, impossibile proprio per tutti questi motivi, ma di sistemarne la problematica allo scopo di afferrare il significato che questa novità riveste non soltanto in termini di linguaggio, ma di lotta politica, interna agli stati e internazionale.

Mentre nel progetto eurocomunistico la marcia verso il socialismo, in ciascuno stato, sarà lenta e graduale, in quanto si affida alla crescente adesione di sempre più ampi strati della popolazione, proprio allo scopo di evitare scosse rivoluzionarie (o controrivoluzionarie), gli effetti sulla politica internazionale dipenderanno dalla particolare analisi che della struttura del sistema internazionale vien proposta: pur senza privilegiare gli aspetti di politica internazionale, che non appaiono che sullo sfondo, si tratta di chiarire che se è vero che la politica eurocomunistica si svolge all'interno di ciascuno stato (ed è all'interno di ognuno di essi che la partita si gioca), e che quindi la verifica del suo successo spetterà alla capacità di influire sugli esiti della lotta politica interna, non di meno se l'analisi eurocomunistica delle condizioni internazionali dovesse apparire inadeguata potrebbe incrinare a tal punto la costruzione eurocomunistica da ridurla a mero artificio propagandistico, capace magari di portar voti ai partiti che la sostengono, ma non di accelerare la marcia verso il socialismo. Del resto, a ben vedere, ciò che c'è di nuovo nella politica dei partiti eurocomunisti non è certo (in modo evidente almeno per il PCI, che è il partito dall'evoluzione più rettilinea) l'accettazione delle regole del gioco democratico-borghese o la pluralità dei partiti politici, né tantomeno quella dei diritti individuali, e così via, che erano già presenti sia nei programmi elettorali del passato sia nella pratica politica quotidiana, ma piuttosto la consapevolezza dell'inanità di una marcia isolata al socialismo (anche se non per questo irrispettosa delle caratteristiche nazionali peculiari), il che spiega l'intensificarsi delle 'relazioni internazionali' tra partiti comunisti, confortato dalla scoperta dell'unico modo pacifico e indolore per liberare i paesi in questione dalla cappa della Nato e dallo schematismo della logica dei blocchi: l'adesione al movimento di costruzione di un'Europa unita, neutralizzata in qualche modo, perché sottratta all'egemonia statunitense ma non per questo affidata a quella sovietica. Senza un nuovo atteggiamento nei confronti della struttura del sistema internazionale contemporaneo l'eurocomunismo non avrebbe neppur ragione di esistere, poiché da un punto di vista unicamente interno la via del 'compromesso storico' o più in generale delle più vaste alleanze interclassiste sarebbero più che sufficienti a dare contenuti dinamici all'azione dei partiti comunisti[6]. La novità principale dell'eurocomunismo dal punto di vista metodologico mi sembra consista infatti proprio nella dislocazione che opera di alcune almeno delle condizioni per la conquista del potere statale dall'ambito interno a quello internazionale, il quale a lungo era stato considerato nulla più di una cornice immutabile, riverniciata per ogni

congresso nazionale[7], ma presto scordata per affrontare i più urgenti e, per un certo periodo, unici problemi della politica interna. Questa relativa indifferenza nei confronti dell'analisi politica internazionale è spiegabile in termini di tensione internazionale: quella della guerra fredda era un'epoca di allineamenti e contrapposizioni che non consentivano approfondimenti più specifici e prese di posizione troppo differenziate. Da questa situazione si passa, oggi, alla « politica internazionale dei comunisti italiani »[8], e cioè a una specie di ribaltamento che vede il PCI (ma anche il PCF e il PCE) in prima linea nei dibattiti sulla guerra e la pace (come nel caso del programma di politica militare dell'*Union de la Gauche* francese), sugli armamenti (vedi ad esempio il dibattito svoltosi nel luglio-agosto 1977 sull'*Unità* a proposito della bomba al neutrone), sulla distensione e la coesistenza pacifica (che portano alla comune proposta di superamento dei blocchi e di svuotamento delle alleanze militari), sull'Europa infine (che viene immaginata non come terzo polo, ma al contrario come zona franca da qualsiasi impegno). In tutti questi casi l'analisi sembra muoversi principalmente sul piano di quei fattori internazionali che potrebbero esercitare la loro influenza sulla possibilità di conquistare il potere interno allo stato: o più precisamente sulla compatibilità tra struttura del sistema internazionale attuale e perseguimento di una via nazionale al socialismo (una per paese).

Emerge così quella che mi sembra la contraddizione di fondo dell'eurocomunismo (il che non vuol dire che debba esser respinto sul piano politico, basta esser consapevoli della via che si intraprende), che dopo aver cercato nella logica del sistema internazionale gli elementi che dovrebbero agevolarne la conquista del potere all'interno degli stati, non si preoccupa di controllare gli effetti che questa avrebbe su un sistema internazionale che un eurocomunismo vittorioso inevitabilmente modificherebbe. Il cammino dell'eurocomunismo va dal sistema internazionale ai sistemi politici interni in un modo che sembra trascurare l'interdipendenza che invece c'è tra i due livelli d'analisi: non può che discenderne il pericolo di una 'vendetta' del sistema internazionale, che potrebbe influire negativamente sulle condizioni interne del successo dell'eurocomunismo. Non mi sembra facilissimo dimostrare questo vizio originario dell'eurocomunismo perché lo sviluppo della sua linea è pluridecennale e condotto in modo coerente: soltanto che alcuni aspetti, cammin facendo, vengono, una volta utilizzati, lasciati cadere dal quadro di riferimento generale; il che in fin dei conti, non è però sufficiente a farli sparire. Indico subito quali sono, dato che su essi organizzerò la mia analisi: la possibilità o meno di fare la rivoluzione in modo pacifico, che rimanda al problema del rapporto guerra-rivoluzione (§ 2); il ruolo dell'imperialismo nel determinare i gradi di libertà del sistema internazionale, che impone di considerare l'eventualità che la natura dell'imperialismo non sia immutabile (§ 3), oppure che possa essere 'sconfitto' in modo pacifico e non dalla violenza delle sue stesse contraddizioni (§ 4); il significato di quel tipo di coesistenza

pacifica che allora si può instaurare con l'imperialismo, che però implicherebbe da parte dell'Unione Sovietica l'assunzione del ruolo di 'grande potenza' (§ 5). Agli ultimi due paragrafi (6 e 7) tocca il compito di riassumere quelle contraddizioni che portano, se non al fallimento di una politica, almeno a incrinarne la forza teorica, che sembrava invece rappresentarne la caratteristica più originale.

II LA VIA NAZIONALE AL SOCIALISMO

Anche se intrapresa in pratica con la svolta della politica di Salerno (aprile 1944), la formula della 'via italiana' è pronunciata per la prima volta da Togliatti, in Italia, nel 1947, in occasione della conferenza di organizzazione nazionale di Firenze: dopo aver ricordato che l'Italia non poté realizzare, alla fine della guerra antifascista « qualcosa di simile » a quello che era avvenuto in Jugoslavia, anche se « non per ragioni dipendenti dalla debolezza del movimento di liberazione nazionale, bensì *per ragioni internazionali* », Togliatti conclude che il compito del PCI consiste nel « trovare la via nostra, la via italiana, la via che è dettata dalle particolarità, tradizioni e condizioni del paese nostro, di sviluppo della democrazia e di lotta per la realizzazione delle più avanzate riforme democratiche e per il socialismo »[9]. Qualcosa di analogo nello stesso periodo dichiara al *Times* (17 novembre 1947) il segretario del PCF Thorez: « i progressi della democrazia attraverso il mondo ... permettono d'ipotizzare per la marcia al socialismo strade diverse da quella seguita dai comunisti russi. In ogni modo il comunismo è necessariamente diverso in ogni paese »[10]. Dal canto suo, infine, Santiago Carrillo, segretario del PCE, nel recente e chiacchieratissimo '*Eurocomunismo*' *y Estado* ricorda, in termini più generali, che l'eventuale « vittoria delle forze socialiste in paesi dell'Europa occidentale ... sarà un'esperienza indipendente, con un socialismo più evoluto che avrà un'influenza positiva sull'evoluzione democratica dei socialismi oggi esistenti ... In questa linea, è essenziale l'indipendenza dei partiti comunisti nei confronti dello stato sovietico e degli altri stati socialisti, e la definizione teorica e pratica di una via democratica inequivocabile »[11].

Che l'esistenza dell'affermazione di vie nazionali al socialismo non sia tattica[12], ma discenda dall'analisi della realtà specifica di ciascun paese, sembra confermato dal periodo stesso in cui viene sostenuta: nel 1947 la solidarietà internazionale tra il partito comunista sovietico e i partiti comunisti occidentali è stretta e in ogni caso quelli occidentali non hanno alcun interesse a rendere pubbliche eventuali divergenze con il partito maggiore (difatti anche la scomunica della Jugoslavia venne accettata in silenzio, anche se *obtorto collo*). Questa proposta nasce invece dalla riflessione congiunta su due diverse esperienze storiche che si prestano ad ammaestramenti contradditori. La prima è la conquista del potere da parte

dei bolscevichi nel 1917, la seconda la liquidazione dei risultati della lotta antifascista di popolo, alla fine della seconda guerra mondiale, che era stata guidata, sia in Italia sia in Francia, dai quadri comunisti. Nel primo caso, la guerra mondiale era stata una condizione necessaria (anche se non sufficiente da sola) per la vittoria della rivoluzione; nel secondo caso la guerra mondiale si è rivelata condizione sufficiente per impedire analoghi tentativi (la conquista del potere da parte dei comunisti nei paesi dell'Europa dell'Est non sarebbe con ogni probabilità avvenuta, senza l'aiuto dell'Armata rossa), con la sola eccezione jugoslava, unico stato che condusse in proprio la guerra di liberazione e che perciò non fu costretto ad alcun allineamento.

La contrapposizione tra questi due eventi storici solleva un risvolto metodologico che riguarda il rapporto tra la politica interna e quella internazionale: il rovesciamento dell'ordine politico di uno stato è in quanto tale un fatto che riguarda quel solo stato, nel senso che le forze capaci di produrlo sono endogene e che le conseguenze che ne derivano non turbano il contesto internazionale (o in ogni caso possono essere agevolmente assorbite da questo), oppure la rivoluzione in uno stato ha successo soltanto quando determinate condizioni politiche internazionali sono favorevoli? La storia delle rivoluzioni di carattere socialista, sia vittoriose sia mancate, sembra abbastanza univoca: la Comune di Parigi, 1870-71, si innesta sulla guerra franco-prussiana; la rivoluzione d'Ottobre scoppia nel penultimo anno della prima guerra mondiale; in Germania l'insurrezione fallisce dopo la sconfitta nella stessa guerra; la rivoluzione cinese (che pur ha una storia quasi trentennale) ha la sua svolta decisiva negli esiti della guerra nel Pacifico, nel quadro del secondo conflitto mondiale; il tentativo insurrezionale greco fallisce negli ultimi sussulti della sistemazione europea susseguente alla fine della seconda guerra mondiale. In tutti questi casi guerra internazionale e rivoluzione socialista si trovano a coincidere.

Ora, mentre il tipo di conquista rivoluzionaria del potere, quello — per intendersi — leninista, sembrava presupporre, accanto alla situazione di guerra internazionale anche una forma di conquista violenta, come conferma anche il famoso aforisma di Mao Tse-tung, secondo il quale o la guerra suscita la rivoluzione, o la rivoluzione impedisce la guerra[13], non è possibile che le mutate caratteristiche del sistema internazionale nell'età contemporanea (dal 1945 in poi) facciano cadere l'inevitabilità del ricorso alla rivoluzione violenta, grazie al fatto, in primo luogo, che l'imperialismo si trova ormai fronteggiato da un sistema socialista mondiale e, in secondo luogo, a causa del diverso posto che la guerra verrebbe a occupare nell'età termonucleare? Prima del 1945 il collegamento tra guerra e rivoluzione era da ricercare nella natura stessa dell'imperialismo in ascesa e delle contraddizioni connaturate al suo sviluppo, che gli imponevano di ricorrere alla violenza tanto per risolvere quelle esterne (interimperialistiche) quanto quelle interne (tra classe al potere e opposi-

zione). E poiché la guerra (mi riferisco sempre, sinteticamente, al pensiero marxista-leninista sulla guerra e l'imperialismo) è uno sbocco inevitabile delle crisi che l'imperialismo provoca e dato che proprio a causa della guerra l'imperialismo è destinato ad autodistruggersi (difatti le guerre spariranno dalla terra insieme all'imperialismo), l'equazione tra rivoluzione e via violenta per la conquista del potere appare convalidata. Ne deriva che il collegamento tra ambito internazionale e rivoluzione è strettissimo, e non lo mostra soltanto la teoria, ma anche la storia. Questa, molto in breve, l'impostazione ortodossa, di osservanza sovietica, sulle condizioni della rivoluzione. E effettivamente l'ultimo grande documento unitario (almeno ufficialmente) dei partiti comunisti proclama: « La classe operaia e la sua avanguardia, il partito marxista-leninista ... aspirano ad attuare la rivoluzione in modo pacifico ... Ma, nel caso che le classi dominanti ricorrano alla violenza contro il popolo, è necessario tener presente l'altra possibilità: il passaggio non pacifico al socialismo. Il leninismo insegna, e l'esperienza storica lo conferma, che le classi dominanti non cedono spontaneamente il potere »[14].

È tuttavia proprio questa impostazione che la proposta della via nazionale al socialismo mette in crisi, o addirittura respinge. Infatti mentre la coincidenza tra modello teorico e storia della rivoluzione russa porta alla conclusione che la via al socialismo in qualsiasi nazione è — inevitabilmente — violenta, l'osservazione che « in ogni paese d'Europa esistono condizioni particolari, per cui questo piano strategico fondamentale [trasformazione della società] deve essere applicato tenendo conto di caratteristiche, tradizioni, condizioni oggettive, forme di organizzazione e forme di lotta speciali »[15], smentisce che in ogni stato si debbano ritrovare le condizioni della Russia del 1917 e quindi che la trasformazione della società debba passare attraverso una fase violenta. La coincidenza tra autonomia della via al socialismo e inopportunità (inutilità) della violenza rivoluzionaria è del resto esplicita nel pensiero dei proponenti: per Togliatti, innanzi tutto, « l'avanzata verso il socialismo deve infatti compiersi in modo che strettamente aderisca, in ogni momento, alle condizioni reali di ogni paese »[16], e poi, « dato che il modello sovietico non può e non deve più essere obbligatorio »[17], « il problema al quale noi abbiamo dedicato maggior attenzione nello studio e nello sforzo di applicazione e sviluppo delle dottrine rivoluzionarie del marxismo è stato senza dubbio quello dell'avanzata verso il socialismo nei paesi di capitalismo più sviluppato, in modo democratico e pacifico »[18]. Ne deriva, per quanto riguarda la tecnica della conquista effettiva del potere, che « noi non miriamo soltanto a escludere, per quanto ci riguarda, l'ipotesi di una insurrezione armata e di una guerra civile, ma tendiamo a risolvere in modo nuovo i problemi stessi della organizzazione di una società socialista »[19]. Impostazione analoga è data a questo problema da Carrillo. Per quanto concerne il ruolo della violenza nella rivoluzione, « è innegabile che la violenza rivoluzionaria è stata la levatrice di questa nuova epoca sto-

rica »[20], ma essa ha ormai esaurito la sua funzione con la rivoluzione russa: « una fase di violenza rivoluzionaria era indispensabile per rompere la resistenza del sistema capitalistico, come è stato per la borghesia, per distruggere il sistema feudale »[21]; sarebbe sbagliato « immaginare che in tutti i paesi, i processi rivoluzionari debbano essere una ripetizione di quelli che hanno già condotto il sistema imperialistico nella decadenza in cui si trova »[22]. « Perché non pensare, dunque, all'estendersi del socialismo nel mondo come a un processo diverso, che ha il suo punto di partenza nella rivoluzione d'Ottobre, che continua con la vittoria antifascista, con i cambiamenti sociali nei paesi dell'Est, con le rivoluzioni in Cina, in Vietnam, in Cambogia, nel Laos, a Cuba, e in certi paesi arabi e africani? Un processo in virtù del quale i paesi imperialisti, storicamente dominanti, perdono il loro ruolo egemonico, mentre al loro interno si creano nuovi rapporti di forze che li spingono ad andare avanti (senza ripetere meccanicamente i modelli storici), attraverso cambiamenti strutturali in campo politico, sociale ed economico, che, raggiunto un determinato livello quantitativo, determinano un salto di qualità, un passaggio dall'ordine borghese all'ordine socialista, basandosi sulle tradizioni politiche esistenti? »[23].

Per quanto riguarda il rapporto tra guerra e rivoluzione, mediato dal contesto internazionale, applicando il modello leninista-sovietico si giunge alla conclusione che soltanto quando è sconfitto in guerra, cioè nella sfera dei suoi rapporti internazionali, lo stato capitalistico è tanto indebolito da poter essere sconfitto anche dalla guerra interna, cioè dalla rivoluzione[24], mentre la rivoluzione che la via nazionale-pacifica al socialismo prevede consiste in un processo[25] che si sviluppa giorno per giorno e senza drammatiche rotture. È chiaro — ci troviamo in quest'ultimo caso sull'orlo dell'accusa di socialdemocrazia, da cui infatti molto sovente gli eurocomunisti si difendono[26], ma anche — quel che più importa — di fronte a un completo rovesciamento della teoria leninista e a un netto accantonamento dell'esperienza storica. Lasciamo stare, ad ogni modo, la teoria leninista dell'insurrezione e vediamo piuttosto in quale rapporto si trovino rivoluzione socialista e conquista pacifica del potere, nel quadro dell'eurocomunismo. Ecco intanto il giudizio di uno degli ideologi della versione francese dell'eurocomunismo, J. Elleinstein, sul rapporto tra guerra e rivoluzione, tra le quali egli non vede alcunché di particolare o necessario. In primo luogo, « le forme della rivoluzione conosciute dalla Russia e che hanno permesso il trionfo del bolscevichi nel '17 o nel '22 dopo la guerra civile, non costituiscono per la verità che un'eccezione ... Queste rivoluzioni [quella bolscevica e quella fallita in Germania nel 1919-20] si svolgono in condizioni del tutto eccezionali, cioè durante una guerra, e solo nei paesi vinti »[27].

Ma il fatto è che storicamente, come si è prima ricordato, tutti quegli eventi eccezionali che sono stati definiti rivoluzionari si sono verificati nel quadro di una guerra, internazionale o di liberazione nazionale, il che darebbe origine a una regola, semmai, e non a un'eccezione. Non è

accettabile neppure la successiva affermazione di Elleinstein, che tende a escludere anche la seconda alternativa violenta di successo rivoluzionario (nello stato vincitore invece che nel vinto): « Dove mai si è vista una rivoluzione vittoriosa alla fine di una guerra e in un paese vincitore? »[28]. E la Cina, e il Vietnam (sempre a circostanze violente sono collegati altri successi della rivoluzione: Cuba, Angola, ecc.)? In tali casi, rivoluzione e vittoria sono mediate dalla conduzione di una guerra, il che smentisce la conclusione secondo cui « ciò che noi abbiamo considerato a lungo come un modello non è in realtà che un caso eccezionale »[29]. Non mi sembra dunque che per questa via sia possibile dimostrare, oltre alla validità della via pacifica in quanto tale (che in effetti non si può escludere a priori), che quella pacifica è non soltanto più probabile, ma anche più corretta. Con questo non voglio dire che vie nuove, originali, alternative a quella violenta siano inesplorabili, ma che si conferma ugualmente la necessità di calare più chiaramente la nozione di via nazionale al socialismo nell'ambito internazionale nel quale pur si deve muovere. L'aspetto che è necessario approfondire a questo punto riguarda i nemici della rivoluzione, e cioè il mondo imperialistico. Il fatto che la rivoluzione fosse favorita, nel modello leninista, dalla guerra è centrale: sta nella natura stessa dell'imperialismo l'inevitabilità degli scontri interimperialistici; poiché da questi scontri emergono anche degli imperialisti sconfitti, è chiaro che nel caso di questi ultimi le possibilità di conquista rivoluzionaria del potere sono moltiplicate dalla crisi della classe al potere che è stata sconfitta in guerra.

Ma accanto a un imperialismo in declino ce n'è uno vincitore e questo ultimo, per quanto gli sarà possibile, rafforzerà le sue posizioni internazionali consolidando il fronte controrivoluzionario, proprio allo scopo di prevenire l'instaurazione di regimi socialisti[30]. Questo ci costringe a una analisi più attenta delle condizioni internazionali della rivoluzione, e quindi all'esame delle caratteristiche del fenomeno imperialistico.

III L'IMPERIALISMO NELLE RELAZIONI INTERNAZIONALI

a) *Intermezzo leninista.* Anche se non voglio ricorrere all'argomento dell'autorità, è necessario prender le mosse dalla teoria dell'imperialismo elaborata da Lenin, che rappresenta il punto di partenza di quello che sarebbe poi diventato il 'modello leninista'. Fin dalla prima pagina di un saggio rivolto a indicare ai partiti rivoluzionari di tutto il mondo le regole fondamentali della strategia che dovranno seguire, Lenin chiarisce che il senso in cui si può parlare di valore universale della rivoluzione russa, non che essere quello generico della risonanza mondiale di un evento nazionale, riguarda « l'inevitabilità storica che si ripeta su scala internazionale ciò che è avvenuto da noi »[31]; ma subito dopo ridimensiona non l'importanza dell'evento, ma il suo valore esemplare con l'osservazione

che, « dopo la vittoria della rivoluzione proletaria anche in uno solo dei paesi progrediti, si determinerà con tutta verosimiglianza una brusca svolta: la Russia cesserà in breve di essere un paese modello e sarà di nuovo un paese arretrato (in senso 'sovietico' e socialista) » (*ibidem*): dunque la rivoluzione che trionferà nei paesi più sviluppati (Lenin nel corso del saggio si rivolge poi in particolare a tedeschi, inglesi, olandesi, italiani) condurrà a più alte realizzazioni del sovietismo e del socialismo, proprio a causa delle diverse condizioni di partenza (di molto più avanzato sviluppo capitalistico) da cui le nuove rivoluzioni prenderanno le mosse. Non può sfuggire a nessuno che si realizza così una curiosa (e contraddittoria) convergenza tra la profezia leniniana e la giustificazione fondamentale, mille volte ripetuta dagli eurocomunisti, per l'abbandono del modello leninista, appunto: l'essere i paesi in questione caratterizzati da un alto sviluppo economico-industriale, nonché da un ancora più importante sviluppo civile e sociale, del tutto incomparabili all'arretratezza, sotto tutti i profili, della Russia zarista. Che il modello rivoluzionario sovietico non sia meccanicamente ripetibile è una consapevolezza che Lenin condivide con Berlinguer, Marchais, Carrillo: ma mentre questi ultimi traggono semplicemente la conclusione che l'elemento accessorio (non necessario) della rivoluzione sovietica è la violenza e che quindi la rivoluzione può avvenire attraverso un processo pacifico, per Lenin (dato che « in alcune questioni essenzialissime della rivoluzione proletaria *tutti* i paesi dovranno fare inevitabilmente ciò che ha fatto la Russia », *L'estremismo*, p. 13), la rivoluzione « non è possibile senza una crisi di tutta la nazione » (*L'estremismo*, p. 57).

Come mai gli eurocomunisti e Lenin divergono su questo punto? La risposta non può consistere, innanzi tutto, in una diversa concezione della lotta nel periodo pre-rivoluzionario: l'accettazione del gioco parlamentare è predicata in continuazione da Lenin, lungo tutto *L'estremismo* (anzi ne è un po' il tema di fondo, insieme alla utilità dei compromessi). Non si può neppure pensare che Lenin fosse poco rispettoso delle condizioni particolari di ciascun paese, perché è ben consapevole della pluralità delle 'vie nazionali', visto che invita a « ricercare, studiare, discernere, indovinare, cogliere ciò che vi è di particolarmente nazionale, di specificamente nazionale nei modi concreti in cui ciascun paese si avvia a risolvere il problema internazionale *unico* per tutti »[32]. La ragione andrà dunque cercata nella caratteristica fondamentale che il pensiero marxista-leninista ha sempre assegnato alla violenza stessa: di essere inevitabile, finché esiste il capitalismo. E poiché il discorso è ora rivolto ai paesi sviluppati, cioè ormai entrati nell'età dell'imperialismo, ne discende che la rivoluzione (che di per sé potrebbe esser pacifica) sarà inevitabilmente violenta, perché questa condizione è connaturata al modo di esistere e di lottare dell'imperialismo in quanto tale.

Ora, ben prima degli eurocomunisti, l'inevitabilità dello scontro violento provocato dall'imperialismo era stato messo in dubbio da chi fu proprio per questo bollato come 'rinnegato', e cioè Karl Kautsky il quale, pur

senza proporre compromessi espliciti con l'imperialismo, e senza respingere del tutto l'idea della sua tendenziale autodistruzione, esclude che questo possa, a breve o medio termine, raggiungere il suo culmine (dopo di che si dovrebbe distruggere, per il leninismo), potendo invece conoscere anche una nuova fase di stabilizzazione, quell'ultraimperialismo « che noi naturalmente dovremmo combattere non meno energicamente dell'imperialismo, ma i cui pericoli sono di ordine diverso, non consistendo più nella corsa agli armamenti e nella minaccia della pace mondiale »[33]. L'interesse di questa nuova fase aggiuntiva dell'imperialismo risiede nel fatto che essa potrebbe sostituire « la lotta tra gruppi capitalistici finanziari nazionali con l'associazione internazionale del capitale finanziario ... Io ritengo che l'imperialismo non vada considerato come una fase finale, e che sia possibile, invece, un suo superamento in una ulteriore fase politica dello stesso capitale finanziario »[34].

Poiché ai giorni nostri l'eurocomunismo ritiene di poter mantenere in un quadro pacifico la sua lotta all'imperialismo, il quale pertanto deve essersi stabilizzato (così diventando ultraimperialismo), sembra di poter intravvedere, dopo la rottura tra Lenin e l'eurocomunismo, un incontro tra quest'ultimo e Kautsky. Non c'è nulla di scandaloso nell'eventuale scoperta che Kautsky è più adatto a interpretare la realtà contemporanea dell'imperialismo di quanto non lo sia Lenin. Che l'impostazione kautskiana prefiguri alcuni dei temi di fondo dell'eurocomunismo sembra indubitabile, almeno stando alla interpretazione che uno dei suoi più attenti lettori ne ha dato: «di qui [dall'aggiunta della fase ultraimperialistica] anche la riaffermazione, in termini di programma, del valore del metodo democratico, inteso come metodo parlamentare: non la violenza rivoluzionaria contrapposta alla violenza dell'imperialismo, ma la crescita pacifica del peso del proletariato nell'ambito delle istituzioni democratico-rappresentative può portare il proletariato al potere »[35]. Se si aggiunge che, come osserva criticamente Fernando Claudin (uno dei capi storici, anche se oggi escluso dal PCE, del comunismo spagnolo, e benevolo osservatore dell'eurocomunismo), alla luce della teoria di Kautsky, « lo sviluppo oggettivo del capitalismo imperialistico conduce di per se stesso alla scomparsa delle contraddizioni internazionali e inter-statali del capitale, che va inesorabilmente verso una concentrazione mondiale », ciò che « per conseguenza porta a creare le condizioni ideali per la trasformazione automatica del capitalismo in socialismo »[36], si può concludere che l'analisi eurocomunistica dell'imperialismo è molto più vicina a quella kautskiana che a quella leninista.

Ma questa constatazione comporta la presa d'atto di una sostanziale revisione dell'analisi classica (leninista) dell'imperialismo, con tutto quel che ne discende dal punto di vista della ridiscussione della capacità esplicativa di una concezione che aveva finora sempre guidato l'analisi internazionalistica dei partiti comunisti e — quel che più conta — di un

radicale rovesciamento di giudizio nei confronti dell'«imperialismo reale» e delle sue responsabilità storiche e contemporanee nell'imporre la sua forza sopraffattrice a gran parte del mondo. Ma infine: sarà l'imperialismo che muta, diventando ultraimperialismo, oppure muta il giudizio che ne danno gli eurocomunisti?[37] Di fronte alla capacità che l'imperialismo ha mostrato, in quest'ultimo trentennio, di sopravvivere, dandosi una nuova, superiore organizzazione capace di annullare o attutire le sue crisi interne, potrebbe ben darsi che la posizione di Kautsky appaia più aderente alla realtà, ma ciò vorrebbe anche dire che l'imperialismo possiede la capacità di riprodursi indefinitamente e che quel « mercato mondiale » che Berlinguer preconizza[38] sarà, per metà almeno, un mercato imperialistico. In altri termini, il mio dubbio è: cambia la realtà, o muta il modo di osservarla? Siamo di fronte a un mutamento della struttura oggettiva del sistema internazionale, oppure alla modificazione dell'analisi soggettiva da parte di uno (o più) degli attori di quest'ultimo?

b) *L'imperialismo nel sistema internazionale attuale.* Non mi propongo un'analisi globale del fenomeno imperialistico, ma unicamente di individuarne quegli aspetti che sono rilevanti per il nostro discorso, e cioè la sua aggressività, la possibilità di sconfiggerlo, la necessità di coesistere con esso. La storia dell'imperialismo può essere suddivisa in due grandi epoche: ascesa e trionfo, 1870-1945; stabilizzazione e declino (?), 1945-1977. Il primo periodo, a dire il vero, conosce una grave battuta d'arresto, la costituzione del primo stato socialista della storia[39], ma le conseguenze internazionali in termini di struttura del sistema internazionale, di questa innovazione non operano che a partire dal secondo dopoguerra, con la formazione di un vero e proprio sistema socialista internazionale. Per questa prima fase, la correlazione empirica tra guerra e rivoluzione appare, come s'è visto, evidente. Ma con la conclusione della seconda guerra mondiale e la contrapposizione di due blocchi di stati, uno imperialistico (cioè diretto da uno stato che ha raggiunto il maggior grado storicamente verificatosi di imperialismo), l'altro anti-imperialistico e socialista, la struttura stessa del sistema internazionale subisce delle modificazioni, la più evidente delle quali è che gli stati raggruppati nei due blocchi vengono ad assumere quella posizione di relativa minorità che vent'anni dopo verrà definita della « sovranità limitata » (la dottrina Brežnev, che può essere estesa anche ai paesi del blocco occidentale, nei quali, del resto, subito dopo la guerra si era chiamata dottrina Truman). Questa situazione di minorità è dovuta ancora una volta alla variabile guerra, poiché ciò che ne caratterizza l'esito è che a vincerla sono in realtà due soli stati, i quali organizzano le spoglie di guerra a loro immagine e somiglianza. Agli stati cui appartengono gli attuali eurocomunisti tocca di entrare a far parte del blocco imperialistico, il quale nel primo quinquennio successivo alla guerra mostra ben chiaro, attraverso la dottrina Truman, il piano Marshall, il Patto Atlantico e la Nato la ferma volontà di consolidare il dominio acquisito con la guerra. Non dimentichiamo che è pro-

prio in questo clima che Togliatti e Thorez lanciano la proposta delle vie nazionali al socialismo. Quale analisi internazionalistica sostiene la loro proposta? L'imperialismo è uscito consolidato dalla guerra, la quale però gli ha eretto contro un blocco di stati che non è disposto a sopportarne ulteriori avanzamenti, è quindi costretto almeno per quanto riguarda l'Europa in una posizione difensiva: d'ora in poi, la storia dell'imperialismo è destinata a conoscere un rovesciamento di tendenza, cioè un irresistibile processo di decadimento. Tuttavia il quadro generale della situazione internazionale mostra altre due caratteristiche di cui gli eurocomunisti sembrano non tener conto: da un lato l'integrazione dei rapporti internazionali capitalistici raggiunge un livello altissimo (ultraimperialistico?) e, quel che è più importante, si sviluppa in base a un principio gerarchico. Il divario di potenza, economica e militare, tra Stati Uniti e qualsiasi, o tutti insieme, degli stati del blocco è incolmabile. Se a ciò si accoppia la constatazione dell'accerchiamento (che almeno inizia) da parte del mondo socialista, ecco che la probabilità dell'esplosione di contraddizioni interimperialistiche insanabili declina irresistibilmente, e con questa anche la possibilità che i conflitti che da quelle discendevano favoriscano le condizioni della rivoluzione socialista in quella parte del mondo.

Che l'insurrezione armata nell'Italia o nella Francia del 1945-49 sia inimmaginabile è più che chiaro ai dirigenti dei partiti comunisti di quei due paesi: l'esempio greco era, oltretutto, lì ad ammonirli. Vorrei ora riprendere quel passo di Togliatti, alla conferenza di organizzazione di Firenze del 1947, in cui veniva inaugurata la formula della via italiana al socialismo: l'Italia non ha potuto conoscere un'evoluzione di tipo socialista non a causa della debolezza del movimento socialista stesso, « bensì per ragioni internazionali »[40]. Ancora quindici anni dopo, ricordando il periodo del dopoguerra e l'evoluzione della linea del partito, Togliatti sostiene che l'occupazione straniera « rendeva militarmente impossibile la vittoria di una insurrezione popolare », anche se non fu quello « il fattore determinante della politica dei comunisti »[41]. Fin dal suo arrivo a Salerno Togliatti era consapevole delle « condizioni oggettive » all'interno delle quali il PCI poteva muoversi: « non è, dunque, che noi dovessimo fare una scelta tra la via di un'insurrezione legata alla prospettiva di una sconfitta, e una via di evoluzione tranquilla, priva di asprezze e di rischi ... L'occupazione militare del territorio nazionale e l'intervento straniero nelle cose nostre, non agirono come freno di velleità insurrezionali che non esistevano, ma come elemento di *organizzazione e direzione della opposizione conservatrice e reazionaria* »[42]. Dire che le condizioni internazionali impedirono la rivoluzione o al contrario che favorirono le forze conservatrici e reazionarie non muta i termini del problema: gli Stati Uniti non avrebbero mai consentito che in Italia si instaurasse un regime socialista, né sul modello sovietico né su quello jugoslavo.

Così individuato il valore delle 'condizioni oggettive', la via 'tradizionale'

della rivoluzione, quella violenta (non si dimentichi tra l'altro che nessuno fino ad allora metteva in dubbio, come invece faranno dopo il 1956 Togliatti, Carrillo, Berlinguer ed Elleinstein, il valore esemplare del modello rivoluzionario sovietico), appare bloccata dalla prevedibile controrivoluzione imperialistica. Non resterebbe dunque che l'alternativa pacifica, processuale, progressiva (che conduce direttamente all'eurocomunismo): ma quale spazio offrono le 'condizioni internazionali' (queste condizioni sempre e così sinteticamente ricordate in una forma rituale, ma mai sviscerate a fondo)? L'imperialismo, s'è visto, ha dimostrato con le modalità della sistemazione post-bellica dell'Europa di non aver perso la capacità di intervenire negli affari interni di altri stati: come potrà allora esser sconfitto, attraverso una sorta di 'teoria del dominio' alla rovescia, e cioè una serie di avanzate pacifiche e nazionali al socialismo, se ci si trova, nonostante tutto, costretti a coesistere con esso, a causa della ridotta probabilità delle guerre, dovuta da un lato alla crescita del fronte pacifico mondiale e dall'altro alla comparsa delle armi termonucleari? Per confortare la credibilità delle vie nazionali pacifiche, i futuri eurocomunisti devono allora rivedere la loro posizione nei confronti dell'imperialismo. Non m'importa certo verificare se la concezione della coesistenza pacifica 'provvisoria' che Mao Tse-tung condivideva con Lenin (per ricordare due classici) sia integrata oppure tradita dal passaggio alla versione di una coesistenza permanente, sostenuta dagli eurocomunisti, quanto ricercare quali condizioni possano costringere l'imperialismo ad accettare delle sconfitte progressive senza ricorrere alla sua aggressività, e se necessario alla guerra. In altri termini, o l'imperialismo è irresistibilmente in crisi, o le probabilità di successo delle vie nazionali declinano radicalmente. Ancora una volta, sono i comunisti italiani i primi a indicare il determinarsi di una nuova fase: « la lotta contro l'imperialismo è uno degli assi di tutta la nostra attività, ma guai a noi se non vedessimo *come stanno cambiando le condizioni di questa lotta* e quindi quali possono e debbono essere i suoi obiettivi immediati »[43]: condizioni che stanno mutando da un lato perché « l'imperialismo ha ... perduto il dominio incontrastato del mondo »[44], e dall'altro perché « le enormi energie produttive suscitate dal capitalismo in questa nuova fase del suo sviluppo, che però il capitalismo mostra di non poter ulteriormente contenere e governare entro il quadro del suo assetto politico mondiale », intaccano le forze dell'imperialismo la cui ultima fase viene a sprigionare « un protagonismo nuovo delle masse, un tale livello di unificazione e concentrazione di esse, che ne determina una irresistibile maturità rivoluzionaria »[45]. Cioè a dire: sviluppandosi l'imperialismo si deteriora, perché esalta inevitabilmente e involontariamente il ruolo delle masse e delle classi popolari, le quali raggiungeranno quindi la capacità di imporre una « *strategia delle riforme di struttura*, mature nell'economia e nella società dell'intero occidente capitalistico, perno di volta di un movimento in grado di porre all'ordine del giorno e di tradurre in atto l'*attualità* e maturità della *trasformazione socialista* »[46].

Non c'è dubbio che questa « interpretazione dell'imperialismo »[47] innovi la teoria tradizionale: all'autodistruzione violenta prevista da Lenin, la « tradizione comunista » (è il sottotitolo del libro di Vacca) sostituisce lo svuotamento progressivo e dall'interno del mondo capitalistico. Ma sono sufficientemente evidenti i segni di questo protagonismo delle masse e del corrispondente progressivo sgretolamento dell'imperialismo? È vero che la grande potenza imperialistica ha dovuto subire più di una sconfitta nella seconda metà del secolo, la più importante delle quali è rappresentata dal Vietnam; altre guerre di liberazione nazionale hanno conosciuto il successo riducendo il campo, però, non tanto dell'area imperialistica quanto piuttosto della sua zona di possibile espansione. Ma se si osserva la situazione politica internazionale in termini sistematici, non si può sfuggire alla constatazione che gli Stati Uniti non soltanto non hanno visto ancora declinare la loro capacità di intervenire negli affari dei paesi alleati e amici, ma conservano anche in termini generali la loro posizione di prima potenza mondiale. Per quel che ci riguarda più da vicino, poi, l'Europa occidentale è sempre stata oggetto di particolari attenzioni da parte degli Stati Uniti e in questa zona è fortemente dubbio che essi sarebbero disposti a cedere alcunché se non in seguito a una vera e definitiva sconfitta militare.

Che cosa può far pensare allora che gli Stati Uniti non reagirebbero a processi di slittamento a sinistra troppo evidenti, per mantenere immutata la loro *leadership*? La processualità delle vie nazionali non potrà certo impedire che essi se ne accorgano e intervengano prima che sia troppo tardi: anche perché se è vero che a una rivoluzione violenta corrisponde una controrivoluzione ancora più violenta, un mutamento pacifico e progressivo lascia aperte all'avversario molte più occasioni di interventi preventivi e difensivi (basta pensare a quelli di tipo economico). Sulla base di una valutazione dell'imperialismo diversa da quella leninista, due garanzie fanno ritenere agli eurocomunisti che l'opposizione imperialistica possa esser paralizzata, una di politica interna e una di politica internazionale: nel primo caso l'insistenza sulla strategia della democrazia progressiva rilanciata con la formula del 'compromesso storico', il cui scopo sarebbe in sintesi di contrapporre all'avversario imperialistico un paese la cui grandissima maggioranza (non soltanto il suo 51% quindi) si è concordemente avviata alla trasformazione socialista della società, ciò che non lascerebbe spazio alcuno a colpi di coda reazionari, né a interventi esterni, garantendo così la continuità del processo. Sul versante internazionale, ciò che garantirebbe l'avanzata nazionale al socialismo è lo sviluppo della politica della coesistenza pacifica.

Tralascio l'analisi del compromesso storico, che attiene più squisitamente agli aspetti di politica interna, per soffermarmi invece sulla coesistenza pacifica, che è stata il punto di partenza da cui il rilancio della formula delle vie nazionali e pacifiche ha preso le mosse, nel 1956.

IV IL PROBLEMA DELLA COESISTENZA PACIFICA

Nell'analisi del ruolo della coesistenza pacifica, in cui convergono i diversi temi degli armamenti, dei blocchi e delle alleanze militari, dell'unificazione europea, il dato iniziale è ancora rappresentato dal rapporto con l'imperialismo: la coesistenza pacifica è la condizione delle condizioni (la sopravvivenza dell'umanità), che tuttavia impone di convivere con l'imperialismo, il quale, dal canto suo, anche se oramai condannato all'autodegenerazione pacifica (Vacca), continua a esercitare il suo dominio su una ampia (forse la più ampia) parte del mondo.
Il legame che intercorre tra imperialismo, coesistenza pacifica e vie nazionali (e poi eurocomunismo) è presto colto: se l'imperialismo fosse quello dell'età di Lenin, le vie nazionali sarebbero impensabili; la coesistenza pacifica invece, costringendo alla difensiva il primo, rende possibili le seconde. Ecco perché la coesistenza pacifica verrà sempre presentata come una grande conquista delle forze progressiste di tutto il mondo (e per prima dell'Unione Sovietica) strappata all'imperialismo. Ma com'è stato possibile? C'è la formazione di un blocco di stati socialisti, è vero; molti altri paesi ex-coloniali sono sfuggiti ai colonizzatori e sono entrati nella fascia del non allineamento, ma ciò che ha determinato questa svolta storica è la comparsa delle armi termonucleari sull'orizzonte politico internazionale: l'imperialismo, per sopravvivere, deve rinunciare alla guerra, perché lo scoppio di un conflitto termonucleare lo distruggerebbe (anche se insieme ai suoi avversari). E allora, se è vero che le guerre nell'età termonucleare sono diventate evitabili, anche se non è l'imperialismo a mutare, le condizioni oggettive ne spuntano l'aggressività, si apre così lo spazio alle vie nazionali. Ma se non fosse vero che le guerre sono ormai evitabili, quello spazio delle vie nazionali rischia di trasformarsi in un miraggio perché l'imperialismo potrebbe ancora ricorrere alla guerra per impedirne il successo, oppure, affidandosi alla coesistenza pacifica, potrebbe ottenere l'immobilizzazione generale del sistema internazionale e quindi anche dei singoli stati. Da questa seconda impostazione, che è quella che mi sembra più sostenibile, risulta che a mutare è, invece che l'imperialismo, il giudizio che alcuni partiti comunisti ne danno (inclinando in qualche misura verso una revisione di tipo kautskiano), di quelli cioè che la Cina definirà revisionisti e socialimperialisti (l'Unione Sovietica e i suoi alleati).

Ma vediamo dapprima in che modo i partiti comunisti europei, e il PCI in particolare, affrontino questa problematica[48]. Il presupposto fondamentale è che « è infatti ammesso da tutti che se si dovesse giungere a uno scontro armato tra le grandi potenze e quindi a un nuovo conflitto mondiale, questo sarebbe certamente combattuto con le armi atomiche e termonucleari », e poiché un conflitto di tal genere provocherebbe una distruzione a cui nessuna delle parti potrebbe sfuggire, ne discende che « il marxismo, che parte sempre dall'esame della realtà, non può prescin-

dere dal fatto che la scoperta e la diffusione generale delle armi nucleari è un mutamento di ordine qualitativo del carattere delle armi e ciò significa che anche la guerra, ove sia combattuta con queste armi, diventa cosa qualitativamente diversa da ciò che era prima »[49]. Un mutamento qualitativo oggettivo limita l'aggressività dell'imperialismo. Quindi ciò che in pratica salvaguarda il mondo socialista (e apre degli spiragli alle vie nazionali) è la contrapposizione di un apparato termonucleare difensivo di contro a quello statunitense (tendenzialmente aggressivo); la pace e la coesistenza pacifica riposano cioè sull'equilibrio del terrore, anche se questa non è una situazione ideale[50]. Poiché la precarietà di questa situazione non può soddisfare, la sua alternativa andrà cercata in un « nuovo sistema di relazioni internazionali per cui gli arsenali atomici siano messi in disparte ... Ciò non si può raggiungere se non con una radicale distensione dei rapporti internazionali, quale corrisponde all'accettazione generale del principio della pacifica coesistenza fra tutti gli stati e tutti i popoli »[51].

Dunque, l'imperialismo è quel che è, ma le armi termonucleari lo mettono in condizione di non nuocere: si viene a determinare una situazione in cui, da un lato, gli Stati Uniti si devono rassegnare alla pace, e nella quale, dall'altro, l'umanità è liberata dalla paura della distruzione finale attraverso una politica di riduzione degli armamenti e di disarmo. Ma può la coesistenza pacifica essere il prodotto di quelle stesse armi che essa deve rendere inutili? Il problema centrale riguarda ancora il ruolo analitico dell'evitabilità-inevitabilità delle guerre: nella sua ricostruzione del pensiero di Togliatti sulla via italiana al socialismo, Gruppi si esprime in modo chiarissimo: « Mi sembra che, sino a quando le guerre sono *inevitabili*, la coesistenza pacifica abbia un valore *tattico*: tenere le guerre il più lontano possibile, condurre una politica di pace che smascheri ed isoli, di fronte ai popoli, l'imperialismo. Quando la guerra diventa *evitabile*, la coesistenza pacifica assume un valore *strategico*: essa indica la possibilità di stabilire tra gli Stati un regime di rapporti permanente di coesistenza pacifica »[52]. Ma cosa significa porsi il problema dell'evitabilità o meno delle guerre, sia nell'era delle armi tradizionali sia in quella delle armi termonucleari? Si tratta di individuare quale posto occupi la guerra nella logica del sistema internazionale, in cui essa non costituisce una fatalità, ma una condizione precisa: quella del sovvertimento dell'ordine esistente. La guerra è evitabile fin tanto che nessuno stato intende (o può) mutare la sua collocazione nell'ambito dell'ordine vigente, è inevitabile nel momento in cui la struttura del sistema non corrisponde più alle aspettative dei diversi stati: la guerra allora potrà esser provocata dall'imperialismo che cerca di allargare i suoi domini, ma potrà esserlo anche dal tentativo di altri stati di uscire da una posizione di minorità in cui sono costretti. L'inevitabilità della guerra discende dalla crisi del sistema, non ne è una variabile indipendente, ma dipendente. La coesistenza pacifica allora, scelta tattica o strategica che sia, non è un'imposizione nei confronti dell'imperialismo, ma il risultato di una generalizzata accettazione della si-

tuazione esistente. Non è infatti la paura della guerra termonucleare a imporne agli stati l'accettazione pacifica?

Questa impostazione mi sembra però ampiamente criticabile, dato che se ne può dire anche che rafforza l'imperialismo piuttosto che il mondo socialista: o meglio consolida la situazione esistente ai danni di tutti coloro che non ne sono soddisfatti. Che le armi decidano tutto — non c'è bisogno di scomodare Mao per ricordarlo — è un pregiudizio borghese, che non può esser salvato neppure dalle argomentazioni sulla mutata qualità degli armamenti. Difatti la politica della dissuasione, che su questi presupposti si regge, è un'idea di marca statunitense; è vero che gli strateghi americani non hanno mai sostenuto che le armi termonucleari provochino un salto di qualità, ma si sono sempre valsi dell'"impossibilità' di ricorrere alla guerra come garanzia della conservazione dell'ordine esistente. Quella coesistenza pacifica che le forze anti-imperialistiche credono di imporre agli Stati Uniti non diventa allora un ritrovato di cui questi ultimi si servono per assicurarsi la sopravvivenza e proteggere le loro conquiste? Del resto, non è proprio questo il contenuto sostanziale del primo grande compromesso storico dell'età contemporanea, quello che lega le due grandi potenze termonucleari, Stati Uniti e Unione Sovietica?

Ma l'uso che della nozione di coesistenza pacifica vien fatto dai comunisti occidentali è naturalmente diverso. Il loro ragionamento è: la condizione generale di coesistenza pacifica consolida talmente il sistema internazionale al livello delle sue massime relazioni (quelle tra Stati Uniti e Unione Sovietica, che garantiscono dal pericolo di guerra), che si apre tutto uno spazio nuovo di azione al di sotto di questo livello, che non può esser riempito con la minaccia di guerra. Se è vero che in Italia non si può fare la rivoluzione finché c'è la Nato, la coesistenza pacifica consolidandosi vanifica i blocchi e le alleanze militari: la pace generale del sistema sarà così solida che ogni stato potrà scegliere — pacificamente — la via su cui incamminarsi.

La condizione fondamentale per suffragare questa ipotesi è l'impossibilità della guerra: ma non si potrebbe anche pensare che, invece che impossibile, la guerra in questo trentennio è stata inutile? Che la presenza delle armi termonucleari abbia implicato innovazioni fondamentali nella teoria strategica è un conto; ma che tocchi loro di donare agli uomini la pace perpetua è paradossale. È curioso infine che questa idea sia condivisa anche dagli strateghi americani*.

L. B.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

* Il presente scritto tiene conto dei fatti avvenuti e della bibliografia pubblicata prima del Gennaio 1978, data alla quale esso è stato dato alle stampe.

1 U. PIRRO, *Bottiglieria Molotov*, Bompiani, Milano, 1977, p. 39.

2 S. SEGRE, *Da Helsinki a Belgrado*, Editori Riuniti, Roma, 1977, p. 26. Il corsivo è mio.

3 Non so di chi sia, se redazionale o dell'autore, ma è molto ben trovato il titolo *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, Guaraldi, Rimini-Firenze, 1977, che accompagna la presentazione ufficiale dell'eurocomunismo da parte di S. SEGRE.

4 Secondo M. AZCARATE (cfr. *Il corriere della sera*, 24 luglio 1977), l'eurocomunismo «secondo ta-

luni sarebbe una specie di machiavellica manovra dell'Unione Sovietica che tirerebbe le fila dei comunisti occidentali, inducendoli a respingere pubblicamente il suo 'modello', ed a denunciare le violazioni della libertà che si commettono nell'Unione Sovietica. Secondo altri ..., noi eurocomunisti saremmo poco meno che agenti dell'imperialismo, e addirittura favoriremmo proposizioni di aggressione antisovietica ».

5 Cfr. ad esempio M. Bosi - H. Portelli, *Les P.C. espagnol, français et italien face au pouvoir*, Bourgois, Paris, 1976; *Le parti communiste italien: aux sources de l'« eurocommunisme »*, Bourgois, Paris, 1977; M. Loizu, *¿Que es el eurocomunismo?*, Editorial Avance, 1977; M. Cesarini Sforza - E. Nassi, *L'eurocomunismo*, Rizzoli, Milano, 1977; A. Rizzo, *La frontiera dell'eurocomunismo*, Laterza, Bari, 1977; N. McInnes, *Euro-communism*, Washington Papers, n. 37, Sage, Londra, 1977.

6 Per quanto riguarda la 'vocazione' europeistica dei partiti comunisti, vedi il cap. 6. di S. Leonardi, *L'Europa e il movimento socialista*, Adelphi, Milano, 1977; e come introduzione generale alla problematica del compromesso storico, *Il compromesso storico*, a cura di L. Gruppi, Editori Riuniti, Roma, 1977.

7 Per l'Italia, si noti come tutti i prologhi dei principali interventi del segretario nazionale facciano riferimento a « svolte nella situazione internazionale » (Togliatti), a « sviluppi drammatici » (Togliatti), a « novità nella situazione internazionale » (Berlinguer), a « una fase nuova nella vita internazionale », «che ha introdotto nella situazione internazionale mutamenti sostanziali » (Berlinguer), ecc.

8 Che è il titolo della raccolta di scritti sui problemi internazionali (1975-76) di E. Berlinguer, Editori Riuniti, Roma, 1976.

9 Questa citazione è tratta da L. Gruppi, *Togliatti e la via italiana al socialismo*, Editori Riuniti, Roma, 1974, p. 105. Il corsivo, su cui ritornerò, è mio.

10 Cfr. M. Thorez, cit. in B. Valli, *Gli eurocomunisti*, Bompiani, Milano, 1976, p. 144.

11 S. Carrillo, *'Eurocomunismo' y Estado*, Editorial Critica, Barcelona, 1977 (trad. it. Editori Riuniti, Roma, 1977, pp. 45-46).

12 Vedi la replica di Togliatti alle accuse di « tatticismo, cioè di semplice astuzia », nel *Rapporto* all'VIII congresso del PCI, ora in *Storia del PCI attraverso i congressi*, a cura di A. Cecchi, Newton Compton, Roma, 1977, pp. 147-48. Su questo periodo, v. anche A. Guerra, *Gli anni del Cominform*, Mazzotta, Milano, 1977.

13 Secondo il riferimento che vi fece Lin Piao nel suo *Rapporto* al IX congresso del Partito comunista cinese.

14 Documento conclusivo della conferenza di 81 partiti comunisti e operai, Mosca, novembre 1960. Ho tratto questo passo dall'appendice documentaria del libro di B. Valli, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 160.

15 P. Togliatti, *Rapporto* al VI congresso del Partito comunista italiano, 1948, cfr. *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., p. 92.

16 P. Togliatti, *La via italiana al socialismo*, Editori Riuniti, Roma, 1972, p. 224.

17 P. Togliatti, intervista a *Nuovi argomenti*, in P. Togliatti, *Sul movimento operaio internazionale*, Editori Riuniti, Roma, 1964, p. 264.

18 P. Togliatti, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, in *Sul movimento operaio internazionale*, cit., pp. 340-41.

19 P. Togliatti, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, cit., pp. 344-45.

20 S. Carrillo, *Rapporto* centrale del segretario generale alla II^a^ conferenza nazionale, 1975, in E. Berlinguer - S. Carrillo - G. Marchais, *La via europea al socialismo*, Newton Compton, Roma, 1976, p. 103.

21 S. Carrillo, *L'"eurocomunismo' e lo stato*, cit., p. 167.

22 S. Carrillo, *Rapporto* centrale del segretario generale alla II^a^ conferenza nazionale, cit., pp. 107-108.

23 S. Carrillo, *L'"eurocomunismo' e lo stato*, cit., p. 103.

24 « Anche le guerre civili sono guerre. Chi riconosce la lotta di classe non può non accettare le guerre civili, che, in ogni società divisa in classi, sono il prolungamento, lo sviluppo, l'aggravamento naturale e, in certe circostanze, inevitabile della lotta di classe », V. I. Lenin, *Il programma militare della rivoluzione proletaria*, in *Opere scelte* in sei volumi, Editori Riuniti / Edizioni Progress, vol. II, p. 594.

25 « La rivoluzione diventa per noi un processo che già oggi viene spinto avanti da un complesso di azioni che investono tutti i campi della vita sociale », P. Togliatti, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, cit., p. 345.

26 Cfr. per esempio, S. Carrillo, *L'"eurocomunismo' e lo stato*, cit., p. 19; p. 132; E. Berlinguer, *La politica internazionale dei comunisti italiani*, cit., p. 146, p. 170 (quest'ultimo libro sarà indicato, d'ora in avanti, con la sigla P.I.).

27 Conversazione tra J. Elleinstein e B. Valli, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 61.

28 Conversazione citata, p. 61.

29 *Ibidem*.

30 Dal punto di vista internazionale, tra l'altro, la mossa che contribuì in modo decisivo al consolidamento della Rivoluzione d'Ottobre fu proprio l'uscita della Russia dal conflitto, che privò le potenze vincitrici della possibilità di intervenire nelle questioni russe (il tentativo ci fu, ma era destinato al fallimento). Anche se la Russia apparteneva al fronte della coalizione vincente, la pace separata la estraniò dalla situazione.

31 V. I. Lenin, *L'estremismo, malattia infantile del comunismo* (1920), in *Opere scelte* in sei volumi, Editori Riuniti / Edizioni Progress, vol. VI, p. 5.

32 *L'estremismo*, cit., p. 63. Nella stessa pagina Lenin ricorda l'attenzione che si deve rivolgere ai tratti originali dell'economia, della politica, della cultura, della composizione nazionale, delle colonie, delle divisioni religiose di ciascun paese.

33 K. Kautsky, *Der Imperialismus*, in *Die Neue Zeit*, 11 settembre 1914, trad. it. in *Teorie dell'imperialismo*, a cura di R. Monteleone, Editori Riuniti, Roma, 1974, pp. 497-98.

34 K. Kautsky, *Zwei Schriften zum Umlernen*, in *Die Neue Zeit*, 30 aprile 1915, in *Teorie dell'imperialismo*, cit., p. 501.

35 M. L. Salvadori, *Kautsky e la rivoluzione socialista*, Feltrinelli, Milano, 1976, p. 182.

36 F. Claudin, *Eurocomunismo e socialismo* (trad. it.), Alfani, Roma, 1977, p. 61.

37 Se fosse vera questa seconda alternativa, agli eurocomunisti tocca di dare risposte originali e alternative a impostazioni di questo genere: « le alleanze di pace preparano le guerre e a loro volta nascono da queste: le une e le altre forme si determinano reciprocamente e producono, su di un *unico* e *identico* terreno, dei nessi imperialistici e dei rapporti dell'economia mondiale e della politica mondiale, l'alternarsi della forma pacifica e non pacifica della lotta », V. I. Lenin, *L'imperialismo, fase suprema del capitalismo*, Editori Riuniti / Edizioni Progress, vol. I, pp. 542-43.

38 E. Berlinguer, *La 'questione' comunista*, Editori Riuniti, Roma, 1975, vol. II, p. 841.

39 Il che, secondo molti storici, individuerebbe

anche la data di nascita della 'guerra fredda', cfr. ad esempio. D. F. FLEMING, *Storia della guerra fredda*, Feltrinelli, Milano, 1964; A. FONTAINE, *Storia della guerra fredda*, Il Saggiatore, Milano, 1969.

40 Cfr. nota 9.

41 P. TOGLIATTI, *Rapporto* al X congresso del PCI (1962), ora in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., p. 211.

42 P. TOGLIATTI, *Rapporto* al X congresso del PCI, cit., p. 212. Mi stupisco sempre un po', ogni qual volta la mia analisi dell'inserimento dell'Italia nel sistema internazionale contemporaneo (cfr. *Comunità*, n. 170) viene considerata troppo rigida e irrispettosa delle condizioni reali della lotta politica interna, come fanno ad esempio N. GALLERANO, *Il contesto internazionale*, in *Il dopoguerra italiano, 1945-1948. Guida bibliografica*, Feltrinelli, Milano, 1975, p. 24, e E. COLLOTTI, *Collocazione internazionale dell'Italia dall'armistizio alle premeesse dell'alleanza atlantica* (1943-1947), in *L'Italia dalla liberazione alla repubblica*, a cura dell'Istituto nazionale per la storia del movimento di liberazione in Italia, Feltrinelli, Milano, 1977, p. 28, quando le conclusioni di Togliatti stesso non mi sembra lascino molto spazio ad altre conclusioni.

43 P. TOGLIATTI, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, cit., p. 338. Il corsivo è mio.

44 P. TOGLIATTI, *Rapporto* al X congresso del PCI, cfr. P. TOGLIATTI, *Opere scelte*, Editori Riuniti, Roma, 1974, p. 1070.

45 Questi due ultimi passi sono, il primo a p. 90, e il secondo a p. 88, di G. VACCA, *Saggio su Togliatti*, De Donato, Bari, 1974.

46 G. VACCA, *op. cit.*, p. 369. I corsivi sono nel testo.

47 G. VACCA, *op. cit.*, p. 88.

48 È da ricordare tra l'altro che il PCI ebbe un posto di primo piano nel dibattito sulla guerra e sulla pace nel mondo socialista, tanto che le posizioni cinesi furono esposte in due documenti intitolati: *Sulle divergenze fra il compagno Togliatti e noi*, 1962, e *Ancora sulle divergenze...*, 1964.

49 P. TOGLIATTI, *Rapporto* al X congresso del PCI, in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., pp. 215-16.

50 « Anche per quanto riguarda le armi nucleari, quindi, un paese socialista è obbligato, anche se ciò gli costa enormi sacrifici, a mantenersi al livello dei suoi avversari. Ma... non è una soluzione l'equilibrio del terrore », P. TOGLIATTI, *Rapporto* al X congresso del PCI, ora in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., pp. 216-17.

51 P. TOGLIATTI, *Rapporto* al X congresso del PCI, in *op. cit.*, p. 217.

52 L. GRUPPI, *Togliatti e la via italiana al socialismo*, cit., p. 173. I corsivi sono nel testo.

Eurocommunism, or: "The Rules of the Game"

Part I: Is Eurocommunism Revolutionary? - The National Road to Socialism - Imperialism in International Relations - The Problem of Peaceful Coexistence

LUIGI BONANATE
Università di Torino

IS EUROCOMMUNISM REVOLUTIONARY? - I

Establishing whether Eurocommunism really exists or what it actually is hardly presents a problem any more, if ever it did, for by now the interpretations are so numerous that the problem is at most one of how to find one's way around in them. What is left unsolved (and could not but be so) is a dilemma that is realistically portrayed in the fictionary political novel *Bottiglieria Molotov. Brigate rosse alle Botteghe Oscure* by Ugo Pirro. After having taken refuge in the headquarters of the PCI, the brigadists, as they wait to be driven out by the police, synthesize the meaning of their action as follows: « If you accept our proposal [protection against the police] you will have disavowed your own policy ... You will be compromised with us and you will once and for all stop considering us agitators ... If you inform the police, you will prove what we have maintained all along: that you have sold out to the class enemy, to the police, etc. etc. ... »[1].

When applied to the Eurocommunist strategy the dilemma becomes: Will the success of Eurocommunism, if it should come about, disrupt the international system by violating that fundamental rule of the game which seems to have characterized contemporary relations between the two greatest powers, namely that peace rests on the stability, or more precisely on the *immobility*, of the established international state of affairs (at least with respect to all the states which were involved in the second world war and derive a precise international collocation from the results of the war)? Or can Eurocommunism bring Communist parties to power within the area of United States ascendancy without anything being changed, simply by riding on the crest of a certain « greater space for autonomy and initiative which in the abstract at least is beoming available to the various countries with the development of the process of *détente* »[2]? As far as concerns the influence that internal changes in one or more states can have on the international order, the first alternative, if realized, has a destabilizing, hence 'revolutionary' value (i.e. is subvertive of the established order), and as a result it represents a threat to the peace (if it is true that the latter stands not only on the balance of terror but also on the counterinsurance between the two prevailing subsystems of the international order, which makes for preservation of the *status quo*). The second alternative, on the other hand, beyond raising doubts about the possibility of filling that abstractly identifiable space in a significant manner (with elements of socialism), does not bring to bear any iconoclastic force on the international order and thus leads one to judge Eurocommunism simply as a mechanism for the readjustment (even if involuntary) of a capitalistic system in crisis, or maybe even as the illusion of being able to rise to power not only without a revolution but with the consensus (or the passive

acquiescence) of the forces that preserve order, both on the home front in each state and on the international stage.

In other words, are the PCI and the other Eurocommunist parties revolutionary parties, by which is meant, apparently, exclusively the willingness to have recourse to violence, or are they democratic (or worse: social democratic) parties contemplating exclusively recourse to the electoral urns? Is Eurocommunism a danger to the United States, poisoning its democratic-middle class air, or is it to be feared by the Soviet Union, representing for the latter not only the loss of distant friends but also the confession of the uniqueness of their road to socialism? The United States can appreciate it for the dents it makes in Soviet monolithism and the degree to which it convalidates the criticisms that they have levelled all along against the Soviet type of régime. But, even if Eurocommunism cannot be identified with 'real socialism', nevertheless, once in power, would it not reject the American embrace? On the other hand the Soviet Union cannot fail to appreciate the reinforcement (never mind if only electoral) of the Western European communist parties, but at the same time, even though it can hardly really fear Eurocommunism's capacity to rise to power, it is bothered by the questions raised about the 'model' it inspires and above all by the alternative model's capacity to galvanize the dissident movements in the real world of socialism.

Whatever attitude one may take up towards it, it appears as if Eurocommunism must surely be an incarnation of Machiavellism, and it is forever being asked to produce proof of its good intentions and sincerity, as much as to say that, unlike any other idea, it is bound to be ambiguous, two-faced, treacherous[3]. There thus arise on the one hand fears that can be summarized under the hypothesis that a communist party, once in power, cannot fail to cast off the democratic mask and show its totalitarian face; but on the other hand there is a different point of view (which for once paradoxically puts communists of Russian allegiance and those without any allegiance at all, i.e. the groups to the left of the communist parties, into the same fold, though only for an instant) that expresses the fear that the democratic licence so laboriously acquired may make those parties 'too' democratic, so much so as to make them 'social' democratic and therefore lost to the revolutionary struggle[4].

In any case Eurocommunism is continually and inevitably caught in the cross-fire of both international and internal right and left wings. This explains its centrality in international political discussion, its publishing–journalistic success (books on the current state of Eurocommunism are appearing in a continuous flow in Spain, France and Italy, but also elsewhere)[5], and, finally, it explains the interest that lies not so much in the attempt to weigh all the arguments for or against it, which would be impossible precisely for all these reasons, but rather in the endeavour to reach a clarification concerning its central issues in order to grasp the meaning not only in terms of language but also of political struggle, both within the states and on the international scene, embodied by this new state of affairs.

While in the Eurocommunistic plan the march towards socialism in each state will be slow and gradual, as it is entrusted to the increasing acceptance by ever larger groups of the population, specifically in order to avoid revolutionary (or counter-revolutionary) shocks, the effects on the international political scene will depend on the particular analysis put forward of the structure of the international system. Without wishing to privilege the aspects of international politics, which figure only in the background, it is necessary to make clear that though it may be true that Eurocommunistic politics are carried out internally to each state (and it is inside each one that the game is being played out) and that Eurocommunism's capacity to

influence the results of internal political struggles will be a test of the measure of its success, it is nevertheless the case that should its analysis of international conditions appear to be inadequate, this could damage the Eurocommunistic construction so drastically as to reduce it to a mere propagandistic artifice, able perhaps to collect votes for the parties that support it but not to accelerate the march towards socialism. Besides, on closer inspection, what is new in Eurocommunist party politics is by no means (this is evident at least for the PCI, which is the party that has the most rectilineal evolution) the acceptance of the rules of the democratic-middle class game or the plurality of political parties, nor of individual rights and so forth either, for these were already present both in past electoral programmes as well as in daily political practice. Rather, the novelty lies in the awareness of the inanity of an isolated march towards socialism (even though this need not mean lack of respect for peculiar national characteristics), which explains the intensification of 'international relations' between Communist parties, which is supported by the discovery of the only peaceful and painless way to free the countries in question from the grasp of Nato and the schematism of the logic of blocks, namely the adherence to the movement for the construction of a united Europe that is in some sense neutralized since it is subtracted from United States hegemony while not handed over as a result to Soviet domination. Without a new attitude towards the structure of the contemporary international system Eurocommunism would have no reason to exist, since from a purely internal point of view the path of the 'historical compromise' or more generally of wider interclass alliances would be more than sufficient to endow the actions of the communist parties with dynamic content[6]. For the chief novelty of Eurocommunism from a methodological point of view seems to me to consist precisely in its transfer of at least some of the conditions for rising to state power from the internal front to the international scene, which for a long time was considered as nothing more than an unchangeable frame, repainted for each national congress[7] but soon forgotten in the haste to come to grips with the more urgent problems — for a certain period the only ones taken into consideration — of internal politics. This relative indifference with regard to the analysis of international politics can be explained in terms of international tension: the era of the cold war was one which did not allow more specific examination or the taking up of overly differentiated positions. This situation has given way to the present-day « international policy of the Italian Communists »[8], namely to a sort of reversal which thrusts the PCI (but also the PCF and the PCE) to the forefront in the continuing debate on war and peace (as in the case of the military policy program of the French *Union de la Gauche*), on arms (see for example the discussion that took place in July-August 1977 in the *Unità* concerning the Neutron bomb), on *détente* and peaceful coexistence (which lead to the common proposal of overcoming the blocks and rendering the military alliances vacuous), and finally on Europe (which is conceived not as a third pole but on the contrary as a free zone not burdened by any commitments). In all these cases the analysis seems to be carried out chiefly within the framework of those international factors which could influence the possibility of rising to power within the state, or, more precisely, the compatibility between the structure of the current international system and the pursuit of a national road to socialism (one per country).

There thus emerges what seems to me to be the basic contradiction of Eurocommunism (which need not mean that it has to be rejected: it is sufficient to be aware of the path one is following), for after having found the elements which are supposed to be of aid in rising to power within the states on the international scene, Eurocommunism then no longer bothers to check out the effects which its rise to power would have

on an international system that can hardly fail to be modified by a victorious Eurocommunism. The path of Eurocommunism goes from the international system to the internal political system in a manner that seems to ignore the interdependence that actually exists between the two levels of analysis: this can only lead to the danger of a 'revenge' on the part of the international system, which could have negative effects on the internal conditions for the success of Eurocommunism. It does not seem easy to me to demonstrate this inbuilt flaw of Eurocommunism because it has evolved its stance over several decades in a coherent fashion: it is merely that along the way some aspects, once they have been used to avail, are dropped from the general frame of reference. But at the final reckoning this is not enough to make them disappear. I indicate immediately what they are, given that I will organize my analysis around them: the possibility or not of carrying out a peaceful revolution, which leads to the problem of the war-revolution relation (§ 2); the role of imperialism in determining the degree of freedom of the international system and the ensuing need to envisage the possibility that the nature of imperialism may not be unalterable (§ 3), or that it could be 'defeated' in a peaceful way and not by the violence of its own contradictions (§ 4); the meaning of the type of peaceful coexistence that can then be established with imperialism, which however would imply the assumption of the role of 'great power' on the part of the Soviet Union (§ 5). I reserve for the last two paragraphs (6 and 7) the task of summarizing the contradictions which lead if not to the failure of a political line, at least to the impairment of its theoretical force, the very thing which had seemed to represent its most original characteristic.

THE NATIONAL ROAD TO SOCIALISM - II

Even though it began to be established in actual fact at the political watershed of Salerno (April 1944), the formula of the 'Italian road' was pronounced for the first time by Togliatti, in Italy, in 1947, on the occasion of the national organization conference in Florence. After having dwelled on the fact that at the end of the anti-Fascist war Italy had not been able to create « something similar » to what had happened in Yugoslavia, although « not for reasons depending on any weakness of the national liberation movement but rather *for international reasons* », Togliatti concluded that the task of the PCI consisted in « finding a road of our own, the Italian road, the road that is dictated by the peculiarities, traditions and conditions of our own country, towards the development of democracy and the struggle for the realization of the most advanced democratic reforms and for socialism »[9]. Something analogous was stated to the *Times* in the same period (17th. November 1947) by the secretary of the PCF Thorez: « The progress of democracy throughout the world allows one to hypothesize other roads for the march towards socialism than that followed by the Russian communists. In any case communism necessarily differs from country to country »[10]. Likewise Santiago Carrillo, secretary of the PCE, reaffirms in more general terms in his recent highly controversial '*Eurocomunismo' y Estado* that any « victory of the socialist forces in western European countries ... will be an independent experience, with a more progressive socialism that will have a positive influence on the evolution of currently existing socialisms ... In this line of development, it is essential that the communist parties should be independent of the Soviet state and the other socialist states, and the theoretical and practical definition of an unequivocal democratic road is imperative »[11].

That the requirement of the affirmation of national roads to socialism was not tactical[12] but rather derived from the analysis of the specific reality of each country seems to find confirmation in the timing of the period in which it was maintained. In 1947 in-

ternational solidarity between the Soviet communist party and the western communist parties was strong and in any case the western parties had no desire to publicize any divergences from the major party (and in fact even the excommunication of Yugoslavia was accepted in silence, albeit *obtorto collo*). This proposal was instead the fruit of joint reflection on two different historical experiences which seem to impart contradictory teachings. The first is the Bolsheviks' rise to power in 1917, while the second is the wiping out at the end of the second world war of the results of the popular anti-Fascist struggle, which had been led by communist cadres both in Italy and in France. In the first case, the world war had been a necessary condition (even though not sufficient if taken alone) for the victory of the revolution; in the second case the world war revealed itself to be a sufficient condition for blocking analogous attempts (the rise to power of communists in the countries of eastern Europe in all likelihood would not have come about without the help of the Red Army), with the single exception of Yugoslavia, the only state that waged its own war of liberation and thus was not forced into any alignment.

The contraposition of these two historical events raises a methodological point concerning the relation between internal and international politics: is the overthrowing of the political order of a state in and of itself a fact that concerns only that state, inasmuch as the forces capable of carrying it out are endogenous and the consequences deriving from it do not disturb the international context (or in any case can easily be absorbed by the latter), or is a revolution within a state successful only when certain international political conditions are favourable? The history of the revolutions of a socialist nature, either victorious or unsuccessful, seems fairly univocal: the Paris Commune, 1870-71, rests on the Franco-Prussian war; the October revolution broke out in the penultimate year of the first world war; in Germany the insurrection failed after defeat in that same war; the Chinese revolution (even with an almost thirty-year development behind it) reached its turning point in the results of the Pacific war, against the background of the second world conflict; the Greek insurrectional attempt failed in the last aftershocks of the reestablishment of order in Europe after the end of the second world war. In all these cases international war and socialist revolution turn out to coincide.

Now, while the revolutionary type of rise to power, the Leninist type, I mean, seemed to presuppose a form of violent overthrow alongside the situation of international war, as confirmed by the famous aphorism of Mao Tse-Tung according to which either the war spurs the revolution or the revolution prevents the war[13], is it not conceivable that the changed characteristics of the international system in the contemporary era (from 1945 on) have nullified the inevitability of recourse to violent revolution, thanks above all to the fact that imperialism is now confronted by a socialist system on a world scale, and secondly on account of the different position that war would have in the thermo-nuclear era? Before 1945 the connection between war and revolution was to be found in the very nature of imperialism on the rise and of the contradictions inherent in its development, such that it was forced to have recourse to violence to resolve both external contradictions (of an inter-imperialistic type) and internal ones (between ruling classes and opposition). And since war (I refer synthetically here as elsewhere to Marxist-Leninist thought on war and imperialism) is an inevitable outcome of the crisis that imperialism provokes, and given that war itself is destined to catapult imperialism towards self-destruction (for in fact wars will disappear from the face of the earth together with imperialism), the equation between revolution and violent rise to power seems fully justified. It follows that the connection between international framework and revolution is extremely close, and this is shown not only by the theory but also by history. So much

represents, in highly summarized fashion, the orthodox opinion, of Soviet observance, concerning the conditions for revolution. And indeed the last great unitary (or at least officially said to be such) document of the communist parties proclaims: « The working class and its vanguard, the Marxist-Leninist party ... aspire to carrying out the revolution in a peaceful manner ... But should the ruling classes have recourse to violence against the people, the other possibility must be kept in mind: the non-peaceful transition to socialism. Leninism teaches and historical experience confirms that the ruling classes do not spontaneously give power up »[14].

It is however precisely this opinion that is undermined or indeed even rejected by the national road to socialism. For while the coincidence of the theoretical model and the history of the Russian revolution leads to the conclusion that the road to socialism in any nation is — inevitably — violent, the observation that « in every European country there exist particular conditions, which means that this fundamental strategic plan [transformation of society] has to be applied after taking into account objective characteristics, traditions and conditions, forms of organization and special types of struggle »[15] makes nonsense of the notion that every state must display the same conditions as 1917 Russia and that the transformation of society must therefore pass through a violent phase. Furthermore the coincidence between autonomy of road to socialism and the untimeliness of revolutionary violence is explicit in the thought of the proponents: for Togliatti, first and foremost, « the advance towards socialism must indeed come about in such a manner as to adhere strictly at all times to the real conditions of each country »[16], and then, « given that the Soviet model cannot and must not be obligatory any longer »[17], « the problem to which we have devoted greatest attention in studying and attempting to apply and develop the revolutionary doctrines of marxism has without a doubt been that of the advance towards socialism in countries with a more developed form of capitalism, in a democratic and peaceful manner »[18]. From this it follows, as far as the technique for the actual rise to power is concerned, that « we are not only aiming to exclude, as far as we are concerned, the hypothesis of an armed insurrection and a civil war, but we are setting up a trend of solving the very problems of the organization of a socialist society in a new way »[19]. A similar orientation is given to this problem by Carrillo. Insofar as concerns the role of violence in the revolution, « it is undeniable that revolutionary violence ushered in this new historical epoch »[20], but it has by now exhausted its function with the Russian revolution: « a phase of revolutionary violence was indispensible in order to break the resistance of the capitalistic system, just as it was for the bourgeoisie in order to destroy the feudal system »[21]; it would be mistaken « to imagine that in every country the revolutionary processes are bound to be a repetition of those which have already brought the imperialistic system to its present-day decadence »[22]. « Why not think, then, of the extension of socialism throughout the world as a different kind of process, that has its starting point in the October revolution, and continues with the anti-Fascist victory, with the social change in the eastern European countries, with the revolution in China, in Vietnam, in Laos, in Cuba, and in certain Arab and African countries? A process by virtue of which the imperialistic countries, historically the dominating ones, lose their hegemonic role while within them new relations are created between forces that are urging them forward (without mechanically repeating the historical models) by means of structural changes in the realm of politics, social organization and economics, changes which once they have reached a given quantitative level bring about a qualitative jump, a transition from the bourgeois order to the socialist order, yet based on existing political traditions? »[23].

As far as concerns the relation between war

and revolution, mediated by the international context, when one applies tha Leninist-Soviet model one reaches the conclusion that only when defeated in war, that is in the sphere of its international relations, is the capitalistic state weakened to such a degree as to be defeatable in an internal war too, i.e. by a revolution[24], while the revolution that the national-peaceful road to socialism foresees consists of a process[25] which moves ahead day by day and without dramatic breaking-points. Clearly, in this latter case we find ourselves on the edge of being accused of social-democracy, an accusation against which the Eurocommunists frequently defend themselves[26], but furthermore, and more importantly, we are faced with a complete reversal of the Leninist theory and an outright setting aside of the historical experience. Let us leave the Leninist theory of insurrection aside though, and consider instead what relation exists between socialist revolution and peaceful rise to power in the framework of Eurocommunism. Here to start with is the judgment of one of the ideologists of the French version of Eurocommunism, J. Elleinstein, concerning the relation between war and revolution, which he does not see as standing in any peculiar or necessary relation to each other. Firstly, « the forms of revolution known in Russia that allowed the triumph of the Bolsheviks in '17 and '22 after the civil war do not really constitute but an exception ... These revolutions [the Bolshevik revolution and the unsuccessful attempt in Germany in 1919-20] took place in quite exceptional conditions, namely during a war, and only in the defeated countries »[27].

But the fact is that historically, as mentioned earlier, all those exceptional events that have been called revolutionary have happened within the framework of a war, either international or of national liberation, which would seem to point to a rule rather than an exception. Nor can Elleinstein's next claim be accepted, with which he wants to rule out the second violent alternative of revolutionary success (in the victorious rather than in the defeated state): « Where has a victorious revolution ever been seen at the end of a war in a victorious country? »[28]. And what about China and Vietnam (other revolutionary successes such as Cuba, Angola, etc. are likewise connected to violent circumstances)? In such cases, revolution and victory are mediated by the waging of a war, which invalidates the conclusion that « what we long considered to be a model in reality is just an exceptional case »[29].

It thus does not seem to me that it is possible to demonstrate in this manner, above and beyond the validity of the peaceful road in and of itself (which cannot *a priori* be excluded), that the latter is not only more likely but also more correct. By this I do not mean to say that new alternatives to the violent road cannot be explored, but it is also necessary to place more clearly the notion of a national road to socialism within the international framework, in which it must remain.

The aspect which must be further investigated at this point concerns the enemies of revolution, namely the imperialistic world. The fact that in the Leninist model revolution was favoured by war is central: the inevitability of interimperialistic clashes lies in the very nature of imperialism, and since these clashes also give birth to defeated imperialists, it is clear that in the case of the latter the possibilities of revolutionary rise to power are multiplied by the crisis of the ruling class that was defeated in war.

But alongside an imperialism in decline there is also a victorious imperialism which will wherever possible reinforce its international positions by consolidating the counter-revolutionary front with the precise aim of forestalling the establishment of socialist régimes[30]. This forces us to a closer analysis of the international conditions for revolution and thence to an examination of the characteristics of the imperialistic phenomenon.

IMPERIALISM IN INTERNATIONAL RELATIONS - III

a) *Leninist Intermezzo*. Even though I do not wish to have recourse to the question of authority, it is necessary to use the theory of imperialism elaborated by Lenin as a spring-board, in that it represents the starting point of what was later to become the 'Leninist model'. Right from the first page of an essay intended to teach the revolutionary parties of the whole world the basic rules of the strategy they are to follow, Lenin makes clear that the sense in which one can talk of the universal value of the Russian revolution cannot be the generic notion of the world-wide spread of the news of a national event, but concerns « the historical inevitability that what happened in our country is bound to be repeated on an international scale »[31]. But right after this he attenuates not so much the importance of the event, but its exemplary value, with the remark that « after the victory of the proletarian revolution in even only one of the advanced countries, there will in all likelihood be an abrupt turning-point: Russia will soon cease to be a model country and will once again be a 'backward' (in the 'Soviet' and socialist sense) country » (*ibidem*). Thus the revolution that will triumph in the more developed countries (in his essay Lenin is addressing in particular the Germans, the English, the Dutch, the Italians) will lead to higher realizations of Sovietism and socialism, precisely on account of the different starting conditions (of a much more advanced capitalistic development) from which the new revolutions will spring forth. It cannot escape anyone's notice that this leads to a curious (and contradictory) convergence of the Leninist prophecy and the Eurocommunists' basic justifications, repeated a thousand times over, for abandoning the Leninist model, namely: the fact that the countries in question are characterized by a high degree of economic-industrial development as well as by an even more important civil and social development such as to render any comparison with the backwardness of tsarist Russia quite vacuous in all respects. That the Soviet revolutionary model cannot mechanically be repeated is an awareness that Lenin shares with Berlinguer, Marchais and Carrillo: but while the latter group merely draw the conclusion that the accessory (not necessary) element in the Soviet revolution is violence and that revolution can therefore come about through a peaceful process, for Lenin (given that « in a few very essential questions concerning the proletarian revolution *all* countries will inevitably have to do what Russia has done », *Extremism*), revolution « is not possible without a crisis of the whole nation » (*Extremism*).

How come the Eurocommunists and Lenin differ on this point? The answer, for a start, cannot lie in a differing conception of struggle in the pre-revolutionary period: acceptance of the parliamentary game is continually preached by Lenin throughout *Extremism* (indeed it forms more or less its guiding theme together with the usefulness of compromises). Nor can one conceive that Lenin had little respect towards the particular conditions of each country, for he was well aware of the plurality of the 'national roads', since he invites one to « search, study, discern, guess and gather that which is particularly national, specifically national in the concrete ways in which each country is setting out to solve the international problem that is one and the same for everyone »[32]. One must therefore look for the reason in the fundamental characteristic that Marxist-Leninist thought has always assigned to violence itself, namely that of being inevitable as long as capitalism continues to exist. And given that the developed countries are now being faced with these questions, it follows that the revolution (which in and of itself could be peaceful) will inevitably be violent because this condition is inherent in imperialism's very manner of being and of struggling.

Now, long before the Eurocommunists cast doubt on the inevitability of the violent

clash provoked by imperialism, similar doubts had been raised by one who for this very reason was labelled as a 'renegade', namely Karl Kautsky, who, without proposing explicit compromises with imperialism and without rejecting out of hand the idea of its tendency to self-destruction, ruled out the notion that imperialism might in the short or medium run reach its climax (after which it is supposed to destroy itself, on the Leninist view), for it might go through a new phase of stabilization. This would be none other than that ultraimperialism « which we should fight against no less energetically than against imperialism, though its dangers are of a different order, no longer consisting in the arms race and the threat to world peace »[33]. The interest aroused by this new additional phase of imperialism lies in the fact that it could substitute « the struggle between national financial capitalistic groups by the international association of the financial capital ... I believe that imperialism should not be considered as a final phase, and that it may be possible to go beyond it in a further political phase of the financial capital itself »[34].

Since at the present moment Eurocommunism maintains that it can carry out its struggle against imperialism in a peaceful framework, while imperialism must in the meanwhile have stabilized itself (thus turning into ultraimperialism), one can perhaps detect a meeting of Eurocommunism and Kautsky after the former's break with Lenin. There would certainly be no cause for raised eyebrows if it were to be discovered that Kautsky is better suited to interpret the contemporary reality of imperialism than Lenin is. There is no doubt that Kautsky's position prefigures some of the basic themes of Eurocommunism, at least if one accepts the interpretation that one of his most careful readers has given of it: « hence [following on the addition of the ultraimperialistic phase] also the reaffirmation, in terms of a programme, of the value of the democratic method, understood as a parliamentary method: it is not revolutionary violence countering the violence of imperialism, but the peaceful increase of the influence of the proletariat within the democratic-representative institutions that can bring the proletariat to power »[35]. If one adds, as is critically observed by Fernando Claudin (one of the historical leaders of Spanish communism, even if today debarred from the PCE, and a well-wishing observer of Eurocommunism), that in the light of Kautsky's theory « the objective development of imperialistic capitalism leads in and of itself to the disappearance of the international and inter-statal contradictions of capital, with the latter moving inexorably towards world concentration » so that « consequently the ideal conditions come to be created for the automatic transformation of capitalism into socialism »[36], then one can conclude that the Eurocommunistic analysis of imperialism is much closer to Kautsky's position than to Lenin's.

But this observation involves the recognition of a substantial revision of the classical (Leninist) analysis of imperialism, with all the ensuing consequences concerning the reconsideration of the explanatory power of a conception that so far had always steered the internationalistic analyses of the communist parties. Moreover, and more importantly, it implies recognition of a radical reversal of judgment towards 'real imperialism' and towards the latter's historical and contemporary responsibilities in exerting conquering power over a large part of the world. But, in the last resort, is it imperialism that is going to change, turning into ultraimperialism, or is it Eurocommunism's judgment of it that is changing?[37] When faced with the capacity for survival that imperialism has shown over the last thirty years by creating for itself a new and better organization able to stifle or alleviate its internal crises, one may well end up feeling that Kautsky's position reflects reality more faithfully. But this would amount to saying that at least half of the « world market » that Berlinguer foresees[38] will be an imperialistic one. In other words, the question

that raises itself in my mind is the following: is it reality that is changing, or the manner of observing it? Are we facing a change in the objective structure of the international system, or is there simply an alteration of subjective analysis by one (or more) of the actors in the system?

b) Imperialism in the Current International System. I do not propose to carry out a global analysis of the imperialistic phenomenon, but only to identify the aspects which are relevant to the present topic, namely its aggressivity, the possibility of defeating it, the need to coexist with it. The history of imperialism can be subdivided into two great eras: rise and triumph, 1870-1945; stabilization and decline (?), 1945-1977. To tell the truth, the first period suffered a serious setback in the form of the constitution of the first socialist state in history[39], but the international consequences of this innovation in terms of the structure of the international system did not begin to make themselves felt until some time after the second world war, when a genuine international socialist system came to exist. In this first phase the empirical correlation between war and revolution is quite obvious, as we have seen. But with the end of the second world war and the formation of the two opposing blocks of states, one imperialistic (i.e. led by a state that has reached the highest degree of imperialism known in history), the other anti-imperialistic and socialist, the very structure of the international system underwent some modifications, the most obvious of which is that the states gathered together in the two blocks gradually took on that position of relative minority which twenty years later was to be called 'limited sovereignty' (the Breznev doctrine, which can be extended to the countries in the western block too where in any case it had been called the Truman doctrine immediately after the war). Once more this situation of minority is due to the war variable, for what characterizes the outcome of the war is that it was really won by only two states, who organized the spoils of war after their own image and likeness.

It fell to the lot of the states to which the current Eurocommunists belong to become part of the imperialist block, which in the first five-year period after the war clearly showed, through the Truman doctrine, the Marshall plan, and Nato, its firm intent to consolidate the position of power acquired from the war. Let us not forget that it was precisely in this climate that Togliatti and Thorez launched their proposal of the national roads to socialism. What internationalistic analysis underlay their proposal? Imperialism emerged stronger than ever from the war, but the latter had confronted it with a block of states that was not willing to support any further advances of imperialism, which was thus forced into a defensive position at least as far as Europe was concerned. From then on, the history of imperialism was destined to suffer a reversal of tendency, that is, an irresistible process of decay. Nevertheless the general picture of the international situation reveals two further characteristics that the Eurocommunists do not seem to take into consideration. On the one hand the integration of international capitalistic relations reached an extremely high level (ultraimperialistic?), and, more importantly, it developed according to a hierarchical principle. The power gap, both economic and military, between the United States and any one or all of the states of the block could not be bridged. If one adds to this the awareness (at least beginning to grow) of being surrounded of the socialist world's, it is clear that the likelihood of the explosion of unresolvable interimperialistic contradictions was going to decline irresistibly, and with it also the possibility that conflicts ensuing from the contradictions could favour the conditions for a socialist revolution in that part of the world.

That an armed insurrection in 1945-49 Italy or France was not feasible was perfectly clear to the leaders of the communist parties of those two countries: especially as the Greek example lay before them as a

warning. I would like now to return to the passage taken from Togliatti's speech at the organization conference in Florence in 1947, in which the formula of the Italian road to socialism is inaugurated: Italy has been unable to go through a socialist type of evolution not because of any weakness in the socialist movement itself, « but rather for international reasons »[40]. Fifteen years later, recalling the postwar period and the evolution of the party line, Togliatti still maintained that the foreign occupation « made the victory of a popular insurrection impossible », even though that was not « the crucial factor in the communist policy »[41]. From the very moment of his arrival in Salerno Togliatti was aware of the 'objective conditions' within which the PCI could move: « therefore, it is not that we had to make a choice between the road of an insurrection carrying with it the prospect of defeat, and that of a tranquil evolution, free from hardships and risks ... The military occupation of the national territory and the foreign intervention into our affairs did not act as a brake on insurrectional fancies which did not exist, but as an element that provided *organization and leadership for the conservative and reactionary opposition* »[42]. To say that the international conditions prevented revolution or on the contrary favoured the reactionary and conservative forces does not change the terms of the problem: the United States would never have allowed a socialist regime to be installed in Italy, either of the Soviet or of the Yugoslav kind.

With the value of the 'objective conditions' thus being identified, the 'traditional' road to revolution, the violent one (let it not be forgotten that up to then no-one had questioned, as Togliatti, Carrillo, Berlinguer and Elleinstein were to do after 1956, the exemplary value of the Soviet revolutionary model) appeared to be blocked by the foreseeable imperialistic counter-revolution. This left only the peaceful alternative of a gradual process (which was to lead directly to Eurocommunism): but what space for manoeuvre was afforded by the 'international conditions' (conditions that were forever and so synthetically being harked upon but never thoroughly gone into)? Imperialism, as we have seen, showed by the manner of restoration of order in Europe after the war that it had by no means lost its ability to intervene in the internal affairs of other states: how then could it be defeated by a sort of upside-down 'domino theory', i.e. a series of peaceful national advances towards socialism, if coexistence with imperialism was inescapable owing to the growth of the peaceful world front on the one hand and the appearance of thermonuclear arms on the other?

In order to give credibility to the peaceful national roads, the future Eurocommunists had to reconsider their position towards imperialism. I am not so much concerned with establishing whether the conception of 'temporary' coexistence that Mao Tse-Tung shared with Lenin (to mention two classics) was integrated or betrayed by the transition to the version of permanent coexistence that the Eurocommunists maintain, as I am with clarifying what conditions can oblige imperialism to accept a growing number of defeats without its having recourse to aggressivity or even war if necessary. In other words, either imperialism is irresistibly in crisis or the likelihood of success of the national roads declines radically. Once again, the Italian communists were the first to point out the advent of a new phase: « The struggle against imperialism is one of the axes of the whole of our activity, but woe upon us if we should fail to see *how the conditions surrounding this struggle are changing* and therefore what its immediate aims can and must be »[43]. The conditions are changing on the one hand because « imperialism has ... lost its uncontested ascendancy over the whole world »[44] and on the other hand because « the enormous productive energies aroused by capitalism in this new phase of its development, which however capitalism reveals itself to be unable to go on restraining and ruling within the framework of its world political

set-up » undermine the strength of imperialism, so that from the latter's last phase there bursts forth « a new presence of the masses on the political scene, such an extent of unification and concentration of the same as to determine in them an irresistible revolutionary maturity »[45]. What this says is that imperialism deteriorates as it develops, because it inevitably and involuntarily exalts the role of the masses and of the working classes, which will thereby reach the capacity to impose a « *strategy of structural reforms* for which the economy and the society of the whole of capitalistic western Europe is ripe. Such reforms are the pivot of a movement which is able to put the *current relevance* and the maturity of the *socialist transformation* on the agenda and translate it into action »[46].

There is no doubt that this « interpretation of imperialism »[47] represents an innovation with respect to the traditional theory: whereas Lenin foresaw violent self-destruction, the « communist tradition » (this is the subtitle of Vacca's book) provides for the progressive sapping of imperialism from within. But are the signs of this political presence of the masses and of the corresponding gradual crumbling of imperialism sufficiently obvious? Admittedly the great imperialistic power has had to suffer more than one defeat in the second half of the century, the most important of which is represented by Vietnam; other wars of national liberation have obtained success but have reduced not so much the area of imperialism itself but of its potential zones of expansion. But if one looks at the international political situation in a systematic fashion, one cannot escape noticing that the United States not only have not yet seen any decline in their capacity to interfere in the affairs of allied and friendly countries, but instead maintain in the most general terms their position of first world power. Turning now to what concerns us more closely, western Europe has always been the object of particular attention on the part of the United States and it is extremely doubtful that the latter would be willing to yield anything at all in this area unless it were as a consequence of a true and definitive military defeat.

What then can lead one to believe that the United States would refrain from reacting to overly obvious processes of leftward slip, in order to maintain their leadership unaltered? The graduality of the national roads certainly cannot prevent the United States from noticing leftwards trends and intervening before it should be too late, especially in view of the fact that while it is true that a violent revolution calls forth an even more violent counter-revolution, a peaceful and gradual change offers the adversary many more opportunities for preventive and defensive interventions (one need only mention those of an economic nature). On the basis of an evaluation of imperialism different from the Leninist one, the Eurocommunists are of the opinion that the imperialistic opposition can be paralyzed because of the existence of two guarantees, one concerning domestic policy and the other international politics. The first case refers to the insistence on the strategy of gradual democracy revived with the formula of the 'historical compromise', the aim of which can be summarized as that of countering the imperialistic adversary with a country whose overwhelming majority (not just 51% of the population) has of one accord begun to move towards the socialist transformation of society. For this would leave no opportunities for reactionary backlash or external interventions, thus guaranteeing the continuity of the process. On the international front, what would guarantee the national advance towards socialism is the development of the policy of peaceful coexistence.

I leave aside at this point the analysis of the historical compromise, which is more intimately concerned with the aspects of domestic policy, in order to concentrate instead on peaceful coexistence, which was the starting point for the revival of the slogan of the national and peaceful roads to socialism in 1956.

THE PROBLEM OF PEACEFUL COEXISTENCE - IV

In the analysis of the role of peaceful coexistence, which is the focal point around which center the various questions concerning arms, the blocks and the military alliances and European unification, the crucial point is still the relation to imperialism: peaceful coexistence is the condition of conditions (the survival of mankind) which nevertheless requires coexisting with imperialism, while the latter, even though by now condemned to peaceful self-degeneration (Vacca), continues to exert its power over a large (perhaps the greater) part of the world.

The connection between imperialism, peaceful coexistence and national roads (and later Eurocommunism) soon comes to light: if imperialism were still the imperialism of the time of Lenin, the national roads would be unthinkable; peaceful coexistence, on the other hand, by putting imperialism on the defensive makes the national roads feasible. This is why peaceful coexistence has always been displayed as a great victory of the progressive forces of the whole world (and first and foremost of the Soviet Union) over imperialism. But how could this happen? Admittedly there has been the formation of a block of socialist states, but the determining factor that lay at the bottom of this historical turning point was the appearance of thermo-nuclear arms on the international political horizon: in order to survive, imperialism has had to forfeit war, because the outbreak of a thermo-nuclear conflict would destroy it. Therefore, if it is true that in the thermo-nuclear age wars have become avoidable, even if it is not imperialism that changes, objective conditions blunt the latter's aggressivity and the possibility of national roads is thereby opened up. But if it should happen to be untrue that wars are avoidable today, the possibility of national roads runs the risk of turning into a mirage, for imperialism could still have recourse to war to prevent their being successful or, confidently availing itself of peaceful coexistence, it could obtain the general immobilization of the international system and thus also of the individual states. This second estimation, which seems to me to be the more likely one, leads to the conclusion that instead of it being imperialism that is changing, it is instead the judgment passed on it by some of the communist parties which are tending towards a revision of their attitudes along Kautskian lines — precisely those parties which China calls revisionists and social-imperialist parties (the Soviet Union and its allies).

But let us examine first of all how the European communist parties, and in particular the PCI, come to grips with this problem[48]. The fundamental premise is that « it is indeed admitted by everyone that if things were to come to the point of an armed conflict between the great powers and thence to a new world war, such a war would certainly be fought with atomic and thermonuclear arms », and since a conflict of this type would spark off a destruction from which neither side would escape, it follows that « Marxism, which always starts from an examination of reality, cannot get away from the fact that the discovery and general spread of nuclear arms represents a qualitative change in the character of the arms and this means that war too becomes something qualitatively different from what it was before, wherever it is fought with these arms »[49]. An objective qualitative change limits the aggressivity of imperialism. Thus in actual fact what safeguards the socialist world (and opens up possibilities of national roads) is that there is a defensive thermo-nuclear machine opposing the (tendentially aggressive) United States formation; both peace and coexistence each rest on the balance of terror even if this is not an ideal situation[50]. Given that the precariousness of this situation can hardly be deemed satisfactory, an alternative must be sought in a « new system of international relations whereby the atomic arsenal is laid aside ... This cannot be achieved except by a radical *détente* in international relations, such as would correspond to the general

acceptance of the principle of peaceful coexistence between all states and all peoples »[51].

Imperialism, then, is the same as ever, but thermo-nuclear arms render it harmless: this leads to a situation in which on the one hand the United States has to resign itself to peace, and on the other mankind is freed from the fear of final destruction through a policy of arms reduction and disarmament. But can peaceful coexistence be the product of the very weapons it is supposed to be rendering useless? Once more the central problem concerns the analytical role of the avoidableness-inevitability of wars: in his reconstruction of Togliatti's thought on the Italian road to socialism, Gruppi expresses himself very clearly: « It seems to me that as long as wars are *inevitable*, peaceful coexistence has a *tactical* value: keeping wars at bay as much as possible and carrying out a policy of peace so as to unmask and isolate imperialism in the eyes of world-wide public opinion. But when war becomes *avoidable*, peaceful coexistence takes on a *strategic* value: it indicates the possibility of establishing a régime of permanent peaceful coexistence between the states »[52]. But what does it mean to raise the question of the avoidability or otherwise of wars, either in the era of traditional arms or in that of thermo-nuclear arms? The point is that one has to identify what place war occupies in the logic of the international system, in which it does not play the role of mere fate but rather has a precise function: that of subverting the existing order. War can be avoided so long as no state intends (or is able) to alter its collocation within the currently existing state of affairs, but becomes unavoidable as soon as the structure of the system no longer corresponds to the expectations of the various states: at this point war can be precipitated by imperialism as the latter tries to extend its sphere of influence, but it can equally well be brought on by the attempt on the part of other states to escape from a minority position into which they have been forced. The inevitability of war follows from the crisis of the system; it is not an independent variable but is system-dependent. Peaceful coexistence, whether it be a tactical or strategic choice, is thus not something that is imposed on imperialism, but rather is the result of a generalized acceptance of the existing situation. For is it not the fear of thermo-nuclear war that forces the states into peaceful acceptance of this situation?

This line of analysis, however, seems to me to be open to serious criticism, since one may well also say that it reinforces imperialism instead of the socialist world, or more exactly that it consolidates the existing situation at the expense of all those who are not satisfied with this situation. That arms are what decides everything — there is no need to appeal to Mao on this matter — is a bourgeois prejudice, which not even arguments concerning the changed quality of arms can save. And indeed the policy of deterrence, which is based on these premises, bears a United States hallmark. Admittedly the American strategists have never maintained that thermo-nuclear arms provoke a qualitative jump, but they have always availed themselves of the 'impossibility' of recourse to war as a guarantee of the preservation of the existing order. Does not then the notion of peaceful coexistence that the anti-imperialistic forces believe they are imposing on the United States become a device that the latter makes use of in order to ensure its survival and protect its conquests? Besides, is not this the chief content of the first great historical compromise of the contemporary era, that which links the two great thermo-nuclear powers, United States and Soviet Union?

But the use to which the notion of peaceful coexistence is put by western communists is of course different. Their reasoning is as follows: the general condition of peaceful coexistence consolidates the international system on the level of its highest relations (those between the United States and the Soviet Union, which guarantee against the

danger of war) to such an extent that a whole new potential area of action is opened up beneath this level, which cannot be occupied by the threat of war. Even if it is true that revolution is impossible in Italy as long as Nato exists, as peaceful coexistence consolidates itself it invalidates the blocks and the military alliances: the overall peace of the system will thus be so solid that each state will be able to choose — peacefully — the road to follow.

The fundamental condition that can encourage this hypothesis is the impossibility of war: but could not one equally well believe that instead of being impossible, war over the last thirty years has been useless? It is one thing to say that the presence of thermo-nuclear arms has brought with it fundamental innovations in the strategic theory; but that it should be their lot to grant mankind perpetual peace is paradoxical. Finally, it is curious that this idea should be shared by the American strategists too*.

L. B.

Translation: R. COSTA BARRITT - PISA

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

* This article takes into account all the events that occurred and the bibliography that was published before January 1978, the date at which it was submitted for publication.

1 U. PIRRO, *Bottiglieria Molotov*, Bompiani, Milano, 1977, p. 39.

2 S. SEGRE, *Da Helsinki a Belgrado*, Editori Riuniti, Roma, 1977, p. 26. The italics are mine.

3 I do not know whether to attribute to the editors or the author the title *A chi fa paura l'eurocomunismo* (Who is afraid of Eurocommunism?), but in any case it is extremely appropriate as an accompaniment to the official presentation of Eurocommunism by S. SEGRE, Guaraldi, Rimini-Firenze, 1977.

4 According to M. AZCARATE, cf. the daily newspaper *Il Corriere della Sera*, 24th. July 1977, Eurocommunism « is in some people's view a sort of Machiavellian manoeuvre by the Soviet Union that is pulling the strings of the western communists and inducing them to reject its 'model' publicly and to denounce the violations of freedom committed in the Soviet Union. Yet others ... would have us Eurocommunists as nothing less than agents of imperialism, to the point of charging us with encouraging proposals of anti-Soviet aggression ».

5 Cf. for example M. BOSI - H. PORTELLI, *Les P. C. espagnol, français et italien face au pouvoir*, Bourgois, Paris, 1976; *Le parti communiste italien: aux sources de l''eurocommunisme'*, Bourgois, Paris, 1977; M. LOIZU, *¿Que es el eurocomunismo?*, Editorial Advance, 1977; M. CESARINI SFORZA - E. NASSI, *L'eurocomunismo*, Rizzoli, Milano, 1977; A. RIZZO, *La frontiera dell'eurocomunismo*, Laterza, Bari, 1977; N. MCINNES, *Euro-communism*, Washington Papers, n. 37, Sage, London, 1977.

6 As far as the Europeistic 'vocation' of the communist parties is concerned, see chapter 6. of S. LEONARDI, *L'Europa e il movimento socialista*, Adelphi, Milano, 1977, and as a general introduction to the question of the historical compromise, *Il compromesso storico*, by L. GRUPPI (ed.), Editori Riuniti, Roma, 1977.

7 Concerning Italy, notice how all the prologues of the principal speeches of the national secretary refer to « turning-points in the international situation » (Togliatti), « dramatic developments » (Togliatti), « new factors in the international situation » (Berlinguer), « a new phase in international life », « which has introduced substantial changes in the international situation » (Berlinguer), etc.

8 Which is the title of the collection of writings on international problems (1975-76) by E. BERLINGUER, Editori Riuniti, Roma, 1976.

9 This quotation is taken from L. GRUPPI, *Togliatti e la via italiana al socialismo*, Editori Riuniti, Roma, 1974, p. 105. The italics, about which I will have more to say later, are my own.

10 Cf. M. THOREZ, cited in B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, Bompiani, Milano, 1976, p. 144.

11 S. CARRILLO, *'Eurocomunismo' y Estado*, Editorial Critica, Barcelona, 1977.

12 See Togliatti's reply to the accusations of « tacticism, i.e. simple trickiness » in the *Report* to the VIII th. congress of the PCI, now in *Storia del PCI attraverso i congressi*, by A. CECCHI, (ed.), Newton Compton, Roma, 1977, pp. 147-48. Concerning this period, see also A. GUERRA, *Gli anni del Cominform*, Mazzotta, Milano, 1977.

13 According to the reference made to it by Lin Piao in his *Report* to the IX th. congress of the Chinese Communist Party.

14 Final report of the 81 communist and workers' parties, Moscow, November 1960. I have taken this passage from the documentary appendix of the book by B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 160.

15 P. TOGLIATTI, *Report* to the VI th. congress of the Italian Communist Party, 1948, cf. *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., p. 92.

16 P. TOGLIATTI, *La via italiana al socialismo*, Editori Riuniti, Roma, 1972, p. 224.

17 P. TOGLIATTI, interview granted to *Nuovi argomenti*, in P. TOGLIATTI, *Sul movimento operaio internazionale*, Editori Riuniti, Roma, 1964, p. 264.

18 P. TOGLIATTI, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, in *Sul movimento operaio internazionale*, cit., pp. 340-41.

19 P. TOGLIATTI, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, cit., pp. 344-45.

20 S. CARRILLO, *Central Report* of the general secretary to the IInd. national conference, in E. BERLINGUER - S. CARRILLO - G. MARCHAIS, *La via europea al socialismo*, Newton Compton, Roma, 1976, p. 103.

21 S. CARRILLO, *'Eurocomunismo' y Estado*, cit., p. 172.

22 S. CARRILLO, *Central Report* of the general secretary to the IInd. national conference, cit., pp. 107-8.

23 S. CARRILLO, *'Eurocomunismo' y Estado*, cit., pp. 106-107.

24 « Civil wars are also wars. Whoever recognizes class struggle cannot avoid accepting civil wars, which, in every society that is divided into classes, are the prolongation, the development, the natural, and in certain circumstances in-

evitable, aggravation of class struggle », V. I. LENIN, *The Military Program of the Proletarian Revolution*, in V. I. LENIN, *The Complete Works* (Russian Edition, Vol. 30).

25 « Revolution becomes for us a process that is already being spurred on today by a complex of actions involving all areas of social life », P. TOGLIATTI, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, cit., p. 345.

26 Cf. for example S. CARRILLO, *'Eurocomunismo' y Estado*, cit., pp. 24-5; p. 132; E. BERLINGUER, *La politica internazionale dei comunisti italiani*, cit., p. 146, p. 170. (From now on this book will be referred to by the initials P. I.).

27 Conversation between J. ELLEINSTEIN and B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 61.

28 Conversation cited above, p. 61.

29 *Ibidem.*

30 Incidentally, from an international point of view, the move that contributed in a decisive manner to the consolidation of the October Revolution was precisely Russia's act of forsaking the war, which deprived the victorious powers of the possibility of intervening in Russian affairs (there was such an attempt, but it was destined to fail). Even if Russia belonged to the side of the winning coalition, the separate peace set it apart from the situation.

31 V. I. LENIN, *Extremism*, in *op. cit.*, Vol. 41.

32 *Ibidem.* On the same page Lenin reminds one of the attention that must be paid to the special characteristics of the economy, the political organization, the culture, the composition of the nation, the colonies, and the religious divisions of each country.

33 K. KAUTSKY, *Der Imperialismus*, in *Die Neue Zeit*, 11th. September 1914.

34 K. KAUTSKY, *Zwei Schriften zum Umlernen*, in *Die Neue Zeit*, 30th. April 1915.

35 M. L. SALVADORI, *Kautsky e la rivoluzione socialista*, Feltrinelli, Milano, 1976, p. 182.

36 F. CLAUDIN, *L'eurocommunisme*, cit. p. 77.

37 If this second alternative were true, it would be the Eurocommunists' task to provide original answers and alternatives to observations of the following type: « peace-time alliances are a preparation for war and in their turn are born out of the latter: the forms of both the one and the other determine each other reciprocally, and on *one and the same* ground they produces imperialistic nexuses and world economic and political relations, the alternation of the peaceful and non-peaceful form of struggle », V. I. LENIN, *Imperialism, the Supreme Phase of Capitalism*, in *op. cit.*, Vol. 27.

38 E. BERLINGUER, *La 'questione' comunista*, Editori Riuniti, Roma, 1975, Vol. II, p. 841.

39 Which, according to many historians, also marks the date of the start of the 'cold war', cf. for example D. F. FLEMING, *The Cold War and Its Origins*, Allen and Unwin, London, 1961; A. FONTAINE, *Histoire de la guerre froide*, Fayard, Paris, 1965.

40 Cf. note 9.

41 P. TOGLIATTI, *Report* to the Xnth. congress of the PCI (1962), now in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., p. 211.

42 P. TOGLIATTI, *Report* to the Xnth. congress of the PCI, cit., p. 212. I never fail to be surprised every time my analysis of the collocation of Italy in the contemporary international system is considered too rigid or unrespecting of the real conditions of internal political struggle. This attitude is found for instance in N. GALLERANO, *Il contesto internazionale*, in *Il dopoguerra italiano, 1945-1948. Guida bibliografica*, Feltrinelli, Milano, 1975, p. 24, and is also expressed in E. COLLOTTI, *Collocazione internazionale dell'Italia dall'armistizio alle premesse dell'alleanza atlantica (1943-1947)*, in *L'Italia dalla liberazione alla repubblica*, ed. by the National Institute for the History of the Liberation Movement in Italy, Feltrinelli, Milano, 1977, p. 28. This attitude is in my view unjustified in the light of Togliatti's own conclusions which do not seem to leave much room for other conclusions.

43 P. TOGLIATTI, *Per l'unità del movimento operaio e comunista internazionale*, cit., p. 338. The italics are mine.

44 P. TOGLIATTI, *Report* to the Xnth. congress of the PCI, cf. P. TOGLIATTI, *Opere Scelte*, Editori Riuniti, Roma, 1974, p. 1070.

45 The last two passages are from G. VACCA, *Saggio su Togliatti*, De Donato, Bari, 1974. The first is found on p. 90, the second on p. 88.

46 G. VACCA, *op. cit.*, p. 369. The italics are in the text.

47 G. VACCA, *op. cit.*, p. 88.

48 It should furthermore be borne in mind that the PCI played an eminent role in the debate concerning war and peace in the socialist world, so much so that the Chinese positions were expounded in two documents entitled: *On the Divergences between Comrade Togliatti and us*, 1962, and *More on the Divergences, ...* 1964.

49 P. TOGLIATTI, *Report* to the Xnth. congress of the PCI, in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., pp. 215-16.

50 « Therefore even where nuclear arms are concerned a socialist country is obliged, even at the cost of tremendous sacrifice, to keep itself at the level of its adversaries. But ... the balance of terror is not a solution », P. TOGLIATTI, *Report* to the Xnth. congress of the PCI, now in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., pp. 216-17.

51 P. TOGLIATTI, *Report* to the Xnth. congress of the PCI, in *op. cit.*, p. 217.

52 L. GRUPPI, *Togliatti e la via italiana al socialismo*, cit., p. 173. The italics are in the text.

La difficile prospettiva della moneta europea

ANTONIO TATTI
Roma

Il successo del Mercato comune europeo (1957) è stato assicurato nel suo primo decennio da condizioni esterne e interne particolarmente favorevoli, quali il basso costo delle materie prime, la stabilità monetaria, la fissità dei cambi e l'utilizzazione del dollaro come moneta internazionale, sia di scambio che di riserva, quindi anche come 'moneta europea', garantita dall'egemonia economica e politica degli Stati Uniti.
È in tale contesto che la liberalizzazione e lo sviluppo del commercio dei Sei fra loro e col resto del mondo hanno consentito alla CEE di attingere un grado di integrazione considerevole, il cui indice, calcolato come rapporto tra i valori correnti degli scambi infracomunitari e quelli extracomunitari, è venuto crescendo costantemente dal 1958 al 1972, con un aumento, nel periodo, del 152% per le importazioni e del 130% per le esportazioni.
Quelle circostanze e questi effetti sembrarono giustificare l'aspettativa, alimentata fin dalla creazione del Mercato comune, secondo cui l'unione economica e monetaria, UEM, sarebbe stata raggiunta come risultato spontaneo dello sviluppo dei meccanismi economici comuni messi in moto dall'applicazione dei Trattati, e senza traumatici interventi politico-costituzionali espressamente volti a trasferire parti sostanziali di sovranità dagli Stati alle autorità comunitarie.

Quanto questa prospettiva fosse fallace lo avrebbero dimostrato nell'agosto 1969 la svalutazione del franco francese (11%) e, due mesi dopo, la rivalutazione del marco (8,5%). La prima ad esserne sconvolta fu la gestione della politica agricola comune, PAC, fondata, come si sa, su un triplice pilastro: prezzi comuni dei prodotti determinati dalle autorità di Bruxelles e validi in tutti i paesi membri; contabilità centralizzata dei pagamenti e dei rapporti di credito mediante una 'unità di conto', UC, di valore pari al dollaro, utilizzata come denominatore monetario comune; dazi doganali comuni all'importazione. Per neutralizzare il mutato rapporto di quelle due monete col dollaro, fu necessario introdurre un complicato e costoso sistema di 'montanti compensativi'.
Né valse a frenare lo scompiglio il proposito espresso dai Sei nel dicembre 1969 ('Vertice' dell'Aia) di accelerare lo sviluppo della Comunità in modo da pervenire ad una UEM mediante un piano a tappe. In effetti, men-

tre da questa enunciazione nasceva il 'piano Werner' (1970), tradotto in una risoluzione operativa dai Sei l'anno dopo, si preparavano ben altri e irreversibili eventi: la decisione di Washington di porre termine alla convertibilità del dollaro (agosto 1971), la conseguente fase delle fluttuazioni monetarie, il rincaro delle materie prime e del petrolio (autunno 1973) e l'inflazione che attaccò con diversi tassi e ritmi tutte le monete. Un macchinoso sistema correttivo di sovvenzioni, prelievi e importi compensativi cancellava in pratica il mercato unico dei prodotti agricoli e rendeva ancor più difficile e onerosa la gestione della PAC (l'adozione di tassi differenziati è costata ai Nove nel 1977 non meno di 500 milioni di dollari). Inoltre, il fallimento del tentativo di contenere entro limiti prestabiliti la fluttuazione dei cambi (serpente monetario) dava il via ad una preoccupante divaricazione delle politiche economiche e monetarie con le quali i nove partners reagivano ciascuno per sé alle proprie difficoltà. Si allontanava così sia la prospettiva dell'unione economica, che pure era sembrata possibile fino all'inizio degli anni '70, sia quella dell'unione monetaria che quella avrebbe dovuto generare.

Questo bilancio è stato ancora una volta ripercorso in occasione del convegno su *L'Unione economica e il problema della moneta europea*, promosso dal Movimento europeo, d'intesa con la Sezione italiana della Unione europea dei federalisti (Movimento federalista europeo, MFE), svoltosi a Roma il 17 e 18 giugno 1977, che recava significativamente come sottotitolo: « La moneta come elemento di divisione o di unità dell'Europa ». Ancora una volta l'alternativa non è stata sciolta. Come da anni, economisti e monetaristi si sono fronteggiati: i primi sostenendo la priorità delle politiche comuni, dalle quali soltanto potrebbero discendere sia l'unione economica che la moneta comune; i secondi, convinti invece del valore trainante della moneta comune e della necessità di compiere con essa il 'salto in lungo' verso una autorità politica (battere moneta è prerogativa dello Stato sovrano).
Tuttavia gli uni e gli altri sono sembrati stavolta disposti a prendere atto che la situazione interna ed esterna alla CEE è tale da scoraggiare, almeno a breve scadenza, ogni realistica attesa in entrambe le direzioni. Ne sono risultate, più nette che in analoghe precedenti occasioni, due indicazioni di tipo empirico, a diverso titolo meritevoli di attenzione.

La prima è venuta dallo schieramento monetarista. Confermata la moneta comune come obbiettivo finale, si propone, per raggiungerlo, di compiere una prima tappa creando una 'moneta parallela'. Questa non sarebbe una moneta vera e propria, dotata di potere liberatorio in tutto il territorio della Comunità, né sarebbe emessa da un organo monetario europeo che ne regolerebbe il volume e ne controllerebbe gli impieghi. Per fare tutto ciò, non basterebbe una banca centrale comunitaria autorizzata a battere la moneta comune, né un ministero del tesoro a Bruxelles: occorrerebbe

un vero e proprio esecutivo europeo dotato di tutti i poteri politici ed economici propri di un governo.
La 'moneta parallela' coesisterebbe con le monete nazionali, le quali anzi concorrerebbero ad assicurarne la copertura presso un fondo monetario europeo: sarebbe questo ad emetterla, in quantità limitata ma crescente, per essere utilizzata nei pagamenti fra gli Stati e la Comunità, fra banche centrali, istituti di credito e operatori economici, fino ad espandersi, per graduale gradimento del mercato, all'uso da parte dei piccoli operatori e di tutti i cittadini. Solo a questo momento sarebbe una 'moneta comune', cioè sostitutiva delle monete nazionali.
Il progetto di creazione di una moneta europea parallela (denominata Europa) è stato illustrato al convegno di Roma dal Prof. Rainer S. Masera, con un intervento che ci sembra opportuno riportare integralmente di seguito.

L'altra indicazione emersa, sebbene anch'essa di natura empirica, si situa su tutt'altro terreno. Proviene da federalisti e politici, attenti anch'essi alle gravi difficoltà del momento: si tratterebbe, per essi, di sperimentare il valore trainante di un evento prossimo e di indubbia, anche se difficilmente valutabile, portata: l'elezione del Parlamento europeo a suffragio universale diretto. L'argomentazione non è priva di realismo. Sia l'unione economica che le politiche comuni intese come sue premesse necessarie, e la stessa moneta comune o parallela, non sono, come potrebbe sembrare, fatti eminentemente tecnici, ma soprattutto politici. L'attuazione del 'piano Werner' è stata certamente bloccata da difficoltà oggettive, interne ed esterne alla Comunità, ma ciò che le è mancato è stata soprattutto la volontà politica dei nove partners, incapaci di esprimersi e comportarsi se non secondo la logica divaricante degli Stati nazionali sovrani. Il giorno in cui l'elettorato europeo conferirà un mandato — sia pure, per il momento, più potenziale che esplicito — ad un Parlamento, questo si troverà titolare di una sovranità sovranazionale adatta e disponibile a costituire il fondamento organico della volontà comune finora mancata ai governi.

Solo questa volontà comune — sostengono i federalisti e, con essi, coloro che sono portati a porre l'accento sul momento politico del processo d'integrazione europea — agendo sulle materie (moneta, fisco, spesa pubblica, credito, risparmio, investimenti) che non si è ancora riusciti a sottrarre alla riserva della competenza degli Stati, potrà di fatto costruire quell'unione economica e monetaria che le sole circostanze esteriori favorevoli e i meccanismi comunitari da esse alimentati non hanno potuto realizzare. Ora, essi ammoniscono, nel mezzo di una crisi che si annuncia di non breve periodo, l'alternativa allo sfruttamento dell'elezione del Parlamento europeo per rilanciare l'UEM è la caduta verso forme sempre più gravi di protezionismo nazionale, cioè il regresso a una

condizione pre-comunitaria di autarchie economiche in lotta fra loro e di instabilità politica.
Per rafforzare la debole federazione americana da poco nata, Alexander Hamilton ricorse alla creazione di una moneta unica e di una banca centrale, e con la moneta emise subito un pubblico prestito. Il governo federale poté in tal modo inaugurare la sua politica economica e neutralizzare le tendenze disgregatrici degli stati associati. La storia certo non si ripete, ma ciò non significa che le sue lezioni non possano in qualche modo essere utilizzate.

A. T.

The Difficult Prospects for a European Currency

ANTONIO TATTI
Roma

The success of the European Common Market (1957) was assured in its first decade by particularly favourable internal and external conditions, such as the low cost of raw materials, monetary stability, fixity of exchanges and the use of the dollar both as an exchange and a reserve international currency, hence also as a « European currency » guaranteed by the economic and political hegemony of the United States. It is in this context that the liberalization and development of trade among the Six and with the rest of the world have enabled the EEC to reach a considerable degree of integration whose index, calculated as a ratio between the current values of intra-community and extracommunity exchanges, constantly increased from 1958 to 1972, the increase for that period being one of 152% for imports and 130% for exports. Those circumstances and these effects seemed to justify the expectation cherished since the creation of the Common Market that the economic and monetary union, EMU, would be achieved as a spontaneous result of the development of the common economic mechanisms set in motion by the application of the Treaties, without traumatic politico-constitutional interventions aimed expressly at transferring substantial parts of State sovereignty to the Community authorities.

The devaluation of the French Franc in August 1969 (11%) and, two months later, the revaluation of the Mark (8.5%) were to show how mistaken this view was. Their first disastrous effects made themselves felt in the common agricultural policy, CAP, which, as is well known, was based on a three-point corner-stone: common prices of products determined by the authorities of Brussels and valid for all the member countries; centralized accounting of payments and credit relations by means of a 'unit of account', UA, of a value equal to the dollar, utilized as a common monetary denominator; common customs duties on importations. In order to neutralize the changed relation of those two currencies to the dollar, it proved necessary to introduce a complicated and expensive system of 'compensatory amounts'.

No improvement of this confused situation came from the resolution expressed by the Six in December 1969 ('Summit' of The Hague) to accelerate the development of the Community so as to reach an EMU through a plan ordered by stages. For while this enunciation gave birth to the 'Werner Plan' (1970), by the time it was translated into an operative resolution the following year, yet other, irreversible, events were already being shaped: Washington's decision to put an end to the convertibility of the dollar (August 1971), the ensuing phase of monetary fluctuations, the increase in the price of raw materials and of petroleum (Autumn 1973) and the inflation which with differing rates and rhythms attacked all currencies.

A tortuous corrective system of subventions, drawings and compensatory amounts had the practical effect of more or less wiping out the common agricultural products market and made the CAP even more difficult

and burdensome to carry out (the adoption of differentiated rates cost the Nine not less than 500 million dollars in 1977). Furthermore, the failure of the attempt to keep the fluctuation of the exchanges within preestablished limits (monetary snake) triggered a worrying divergence of the economic and political policies with which each of the nine partners were independently reacting to their respective difficulties. The prospect of economic union was thus fading into the distance despite having seemed feasible since the beginning of the 'seventies, and likewise the prospect of monetary union which should have been generated by the former.

This overall picture was once again sketched out on the occasion of the conference on *The Economic Union and the Problem of the European Currency* sponsored by the European Movement in coordination with the Italian Section of the European Union of Federalists (European Federalist Movement, EFM), which took place in Rome on the 17th. and 18th. of June 1977 with the significant subtitle « Money as an Element of Division or Unity of Europe ».
Once again the alternative failed to be resolved. As has been the case for years, economists and monetarists confronted each other, the former maintaining the priority of the common policies, which alone are claimed to be capable of engendering both the economic union and the common currency, and the latter insisting instead on the catalytic value of the common currency and the need to use it for the 'long jump' towards a political authority (printing money is the prerogative of the sovereign State).
This time however both sides seemed willing to acknowledge that the internal situation and that external to the EEC is of a kind that discourages any realistic expectations in either direction, at least in the short run. With greater clarity than on previous such occasions, two empirical suggestions came out of the conference, both deserving attention in different ways.

The first came from the monetarist side. Holding on to a common currency as the final objective, they propose as the first step towards it the creation of a 'parallel currency'. This would not be a true currency, a true legal tender throughout Community territory, nor would it be issued by a European monetary organ such as would regulate its volume and control its utilization. To do all this, a centralized community bank authorized to print the common currency would not be sufficient, nor would a ministry of the Treasury in Brussels: a real European executive endowed with all the political and economic powers of a genuine government would be required.
The 'parallel currency' would coexist side by side with the national currencies, which in fact would cooperate in ensuring that deposits would be covered in a European monetary fund: and it would be the latter that would issue this currency in a limited but increasing quantity, to be used in payments between the States and the Community, between central banks, credit institutions and economic operators, until such time as market approval should allow it to expand to utilization on the part of small operators and all citizens. Only at this point would it be a 'common currency', that is, a substitute for national currencies.
The project of creating a parallel European currency (named Europe) was illustrated in Rome by Prof. Rainer S. Masera in a paper that we consider it appropriate to include as a whole further on.

The second suggestion, although also empirical in nature, deals with a quite different matter. It comes from federalists and politicians, they too concerned with the grave difficulties of the moment. They suggest putting to test the catalytic value of an upcoming and certainly important event — though it is hard to judge exactly what weight it bears — namely, the election of the European Parliament by direct universal suffrage. This idea is not without realism. Both the economic union and the common policies understood to be its necessary

premises, and the common or parallel currency itself are not eminently technical facts, as might seem at first, but rather above all political. The actuation of the 'Werner Plan' was, to be sure, blocked by objective difficulties, within and without the Community, but what it lacked above all was the political will of the nine partners, who were unable to express and behave themselves other than according to the contradictory way of thinking of the sovereign national states. The day the European electorate confers a mandate — even if for the moment it is more potential than explicit — on a Parliament, the latter will find itself to be invested with a supranational sovereignty suitable and available for constituting the organic foundation of the common will which so far the governments have lacked.

It is only this common will — the federalists urge, and with them those who are inclined to emphasize the political aspect of the process of European integration — acting on matters it has not yet been possible to remove from the exclusive authority of the States (money, taxation, public expenditure, credit, savings, investments), that will in concrete terms be able to build the economic and monetary union that favourable external circumstances alone and the Community mechanisms sustained by such circumstances have failed to bring about. Now, they warn, in the throes of a crisis that has all the signs of not being a short one, the alternative to exploiting the election of the European Parliament in order to revitalize the EMU is the prospect of slipping into ever more dire forms of national protectionism, in other words regression to a pre-Community condition of economic autarchies in conflict with each other, and of political instability.

To strengthen the frail newly born American federation, Alexander Hamilton had recourse to the creation of a single currency and a central bank, and immediately used this currency to issue a public loan. In this manner the federal government was able to inaugurate its economic policy and to neutralize the disruptive tendencies of the associated states. It is true that history cannot be repeated, but this need hardly mean that its lessons cannot be of use in some way.

A. T.

Translation: R. COSTA BARRITT - PISA

La moneta europea nell'attuale contesto dei pagamenti internazionali

Intervento al Convegno su "L'unione economica e il problema della moneta europea", promosso dal Movimento europeo d'intesa con la Sezione italiana dell'Unione europea dei Federalisti (MFE)

Roma, 17-18 Giugno 1977

RAINER S. MASERA

Capo dell'Ufficio Problemi monetari e finanziari internazionali, Banca d'Italia, Roma

I INTRODUZIONE

Il rilancio del processo di integrazione monetaria europea non può prescindere da una volontà politica che permetta in particolare di far accettare la perdita, sia pur graduale, della sovranità monetaria dei singoli stati e di porre contemporaneamente in essere quegli strumenti correttivi necessari ad evitare ripercussioni regionali degli squilibri dei pagamenti in un'unione monetaria.

Questi aspetti generali del problema sono stati chiaramente posti in evidenza in alcuni lavori preparatori a questo Convegno[1]; scopo di questo mio intervento è formulare alcune proposte monetarie a carattere sostanzialmente 'tecnico', collegate all'adozione di una moneta europea parallela ('l'Europa'[2]), che possano concorrere a far superare l'attuale difficile congiuntura e a delineare la 'traversata' verso l'UME, alla luce del vincolo di fondo appena ricordato.

II L'ASSETTO DEI PAGAMENTI INTERNAZIONALI SEGUITO ALLA CRISI DEL PETROLIO E LE IMPLICAZIONI PER LA CEE

Il problema della fase di transizione verso l'integrazione monetaria europea deve essere inquadrato nell'attuale contesto di profondi squilibri nei pagamenti internazionali seguiti alla crisi del petrolio. L'aumento del prezzo del petrolio e l'impossibilità da parte dei paesi dell'OPEC, ed in particolare di quelli arabi 'a basso assorbimento'[3], di spendere contestualmente in importazioni di beni e servizi i proventi petroliferi hanno proposto una situazione sostanzialmente nuova negli assetti dei pagamenti internazionali, che si è riflessa ed è destinata ancora a incidere profondamente sulla CEE (Tavv. 1 e 2).

Tav. 1 - Saldi delle partite correnti delle maggiori aree mondiali
(miliardi di dollari)

	1973	*1974*	*1975*	*1976*	*Saldo cum. 1974-1976*
OPEC	4	62	34	42	138
OCSE	3	— 33	— 6.5	— 26.5	— 66
(CEE)	(1)	(— 12)	(1)	(— 8.5)	(— 19.5)
PVSNP*	— 6	— 23	— 35	— 24	— 92
PEP**	— 3	— 6.5	— 12	— 9	— 27.5
Altri paesi e divergenza statistica	2	0.5	19.5	17.5	37.5

Fonte: OCSE.
* Paesi in via di sviluppo non petroliferi.
** Paesi ad economia pianificata.

Tav. 2 - Saldi delle partite correnti all'interno della CEE
(miliardi di dollari)

	1973	*1974*	*1975*	*1976*	*Saldo cum. 1974-1976*
Germania	4.3	9.7	3.8	3.0	16.5
Olanda	2.4	2.0	1.6	2.3	5.9
Belgio-Lussemburgo	1.2	0.6	0.3	— 0.4	0.5
Francia	— 0.7	— 6.0	— 0.1	— 5.8	— 11.9
Italia	— 2.7	— 8.0	— 0.6	— 2.9	— 11.5
Regno Unito	— 2.2	— 8.7	— 3.6	— 2.6	— 14.9
Altri paesi	— 1.3	— 1.6	— 0.4	— 2.1	— 4.1
Totale CEE	1.0	— 12.0	1.0	— 8.5	— 19.5

Fonte: OCSE.

All'indomani dell'aumento dei prezzi petroliferi l'analisi keynesiana di equilibrio di pieno impiego tra risparmio e investimento *ex ante* si riproponeva a livello mondiale. Il trasferimento di potere d'acquisto da paesi con propensione al consumo relativamente alta a paesi con propensione al risparmio necessariamente elevata, trasmetteva impulsi recessivi all'economia mondiale. Queste spinte avrebbero potuto essere contrastate solo

tramite l'adozione di politiche espansive nel resto del mondo, che avessero indotto ad assorbire, a livello aggregato, disavanzi di parte corrente corrispondenti ai surplus generati dai paesi OPEC, nell'intorno dei livelli di pieno impiego delle risorse produttive su scala mondiale.
Il balzo all'insù dei prezzi del petrolio si era tuttavia inserito in un contesto inflazionistico mondiale, la cui causa fondamentale può essere rinvenuta nell'interazione tra, da un lato, l'abnorme espansione della liquidità internazionale — e quindi delle masse monetarie nazionali dei principali paesi industriali conseguite ai disavanzi di bilancia dei pagamenti degli Stati Uniti, in un regime di inconvertibilità del dollaro — e, dall'altro lato, il progressivo instaurarsi di condizioni di scarsità nei mercati delle materie prime.
In effetti, proprio questa situazione inflazionistica generalizzata, in presenza di un sottostante grave squilibrio di ordine strutturale negli sviluppi di domanda e offerta di energia su scala mondiale, permetteva il coagularsi del cartello OPEC e il repentino aumento dei prezzi dell'energia, visti appunto come nuovi prezzi relativi, da sostenere eventualmente nel breve periodo tramite adeguamenti nel ritmo di estrazione del petrolio. Il rincaro dell'energia moltiplicava naturalmente le tensioni inflazionistiche, creando le premesse per una rincorsa di costi e prezzi che avrebbe potuto sfociare in un processo di iperinflazione a livello mondiale.

In queste circostanze i paesi industrializzati più forti decidevano di mantenere, o addirittura accentuare, l'orientamento restrittivo che avevano dato alle proprie politiche economiche interne, per porre sotto controllo gli impulsi inflazionistici. Queste scelte comportavano tuttavia, a livello aggregato, un eccesso di risparmio *ex ante* che non poteva non trascinare il sistema verso la profonda crisi del 1974-75.
Nella situazione che si era venuta a creare il vizio privato doveva in effetti dimostrarsi pubblica virtù. Se l'esempio offerto da paesi come la Germania, gli Stati Uniti, l'Olanda e la Svizzera — i quali hanno registrato nel biennio 1974-1975 avanzi globali di parte corrente di ben 32 miliardi di dollari, che si sono aggiunti a quelli di circa 100 miliardi di dollari accumulati dai paesi OPEC — fosse stato seguito dagli altri paesi industriali o dai paesi in via di sviluppo, la crisi avrebbe potuto assumere dimensioni difficilmente controllabili.
I contraccolpi degli squilibri derivanti dall'aumento del prezzo del petrolio erano dunque sopportati in misura sproporzionata da questi ultimi paesi. In primo luogo, in presenza di politiche concordate internazionalmente sul riciclaggio dei fondi di ampiezza assolutamente inadeguata agli squilibri necessariamente posti in essere, l'indebitamento dei paesi in via di sviluppo e dei paesi industriali con posizione esterna debole (tra cui tutti i paesi della Comunità, eccetto la Germania, l'Olanda e il Belgio) avveniva in larga misura tramite i sistemi creditizi internazionali privati e si collegava in particolare all'intermediazione del sistema xenobancario. Veniva così a crearsi un divario crescente tra le necessità di strumenti di

intermediazione a lungo termine e le forme concrete di finanziamento dei disavanzi.

Una seconda componente del processo posto in essere aveva attinenza al ribaltarsi dei meccanismi di diffusione dell'inflazione derivanti dal funzionamento del sistema di tassi di cambio fluttanti. I paesi che avevano adottato politiche di sostegno della domanda interna erano costretti ad accettare costi sempre crescenti in termini di aumento dei prezzi: le pressioni inflazionistiche che in regime di cambi fissi erano in larga misura esportate, venivano invece imprigionate ed amplificate all'interno, in relazione ai movimenti nei cambi che spesso precedevano le variazioni effettivamente intervenute nelle posizioni concorrenziali.

Il pericolo che l'evoluzione gravemente recessiva dell'economia mondiale si accentuasse ulteriormente, rischiando di sconvolgere gli assetti di internazionalizzazione degli scambi, e i risultati positivi conseguiti dai paesi trainanti nel controllo del processo inflazionistico interno li inducevano a un progressivo rilancio dell'attività economica, particolarmente evidente e sostenuto soprattutto negli Stati Uniti. Le azioni di stimolo sono state prevalentemente collegate all'utilizzo di strumenti fiscali, per evitare che espansioni monetarie eccessive rinnovassero le tendenze inflazionistiche. Tenendo conto dei ritardi che inevitabilmente conseguono al pieno esplicarsi di un mutato indirizzo di politica economica, i risultati degli interventi di sostegno e di stimolo della domanda intrapresi nel corso del 1975 nei principali paesi si sono avvertiti soprattutto nel 1976, consentendo il superamento della crisi dell'economia mondiale.

Occorre tuttavia sottolineare che, come alcuni avevano correttamente previsto sin dal 1974, l'avanzo di parte corrente dell'area OPEC è destinato a proiettarsi per ammontari relativamente elevati — compresi tra 30 e 40 miliardi di dollari ancora per diversi anni, ove il sistema economico mondiale si sviluppi in linea con il potenziale. Il nuovo assetto di equilibrio del sistema internazionale richiede dunque che agli avanzi finanziari dei paesi OPEC si continuino a contrapporre indebitamenti 'desiderati' nel resto del mondo: le azioni di stimolo dei paesi più forti devono trovare corrispettivo o in un assorbimento diretto di una quota dell'avanzo OPEC non eliminabile, o in flussi di finanziamento a lungo termine ai paesi con posizione esterna debole, o in una combinazione dei due processi: occorre sottolineare al riguardo che solo gli Stati Uniti hanno posto finora in essere politiche coerenti con questo approccio.

È in questo contesto che bisogna inserire il processo di rilancio dell'integrazione monetaria europea. Non si deve quindi solo trarre insegnamento dalle esperienze connesse col fallimento del progetto Werner[4] ma tenere esplicitamente in considerazione gli addizionali elementi di difficoltà attualmente esistenti. Nel periodo '74-'76 la Comunità ha registrato, a livello aggregato, un disavanzo di parte corrente di 19.5 miliardi di dollari, pari a circa un terzo del disavanzo complessivo dell'OCSE, risultato

coerente con il peso dell'area comunitaria sul totale dei paesi industrializzati. I dati della Tav. 2 pongono tuttavia in evidenza che la compatibilità del dato aggregato nasce da profondi squilibri all'interno dell'area. La situazione attuale richiede dunque una rinnovata e fattiva collaborazione nell'ambito di una redistribuzione degli oneri del processo di aggiustamento e tenendo presenti i vincoli di finanziamento esistenti a livello aggregato, inerenti alla necessità che la Comunità nel suo complesso continui a generare disavanzi in corrispettivo alla quota di pertinenza del saldo positivo dei paesi dell'OPEC. Si potrebbe sostenere al riguardo che la Comunità, in quanto area mondiale tra le più prospere, dovrebbe, pure in presenza dei nuovi assetti negli scambi internazionali intervenuti a seguito dell'aumento del prezzo del petrolio, mantenere un saldo attivo nei pagamenti correnti, in modo di continuare a trasferire risorse reali ai paesi meno sviluppati. Sotto il profilo logico questa impostazione del problema può essere configurata come uno schema di 'primo ottimo'; corollario di questa soluzione dovrebbe tuttavia essere un *adeguato aumento* dei flussi di finanziamento ai paesi in deficit, in modo da permettere ad essi di assorbire sia il disavanzo petrolifero, sia quello nei confronti dei paesi più ricchi. Poiché in entrambi i casi i disavanzi sarebbero destinati a perdurare per ammontari assai elevati lungo archi temporali relativamente lunghi, in vista della scarsa propensione dei paesi più ricchi sia ad aumentare il flusso di aiuti e trasferimenti, sia ad incanalare fondi ai paesi deficitari tramite organismi internazionali, l'indebitamento dei paesi 'deboli' e il servizio dello stesso renderebbero assai problematico un processo stabile e continuo di finanziamento degli squilibri mondiali nelle bilance dei pagamenti. È a seguito di queste considerazioni che è qui proposta la soluzione di 'secondo ottimo' secondo cui anche i paesi più ricchi dovrebbero nel breve-medio periodo mirare ad assorbire direttamente una parte dell'avanzo OPEC, così da facilitare il processo di finanziamento mondiale, contribuendo altresì a fornire un adeguato sostegno diretto alla domanda mondiale.

Il coordinamento delle politiche economiche comunitarie deve, in conclusione, tener conto del delicato equilibrio tra politiche di riaggiustamento interno, volte a garantire una progressiva riduzione e convergenza dei tassi di aumento dei costi e prezzi nei singoli paesi, e di neutralizzazione della quota dei surplus OPEC che deve essere accettata. Occorre cioè pervenire a modelli diversi nei rapporti tra aggiustamento e finanziamento tra i paesi in surplus e quelli in deficit all'interno della Comunità. Le forze centrifughe potrebbero infatti assumere caratteristiche dirompenti ove dovesse perdurare una situazione che aveva fatto osservare il Governatore Carli nelle 'considerazioni finali' della relazione della Banca d'Italia sull'anno 1974: « Il principio della solidarietà, al quale i prestiti (comunitari) dovrebbero ispirarsi, sembra cedere il posto a quello della tutela da parte dei paesi ad economia dominante » (p. 405).
In quest'ottica i meccanismi di cooperazione e integrazione economica

europea dovrebbero svilupparsi secondo due direttrici convergenti. In primo luogo, si tratterebbe di sottoporre a supervisione multilaterale il processo di aggiustamento: le considerazioni precedentemente esposte pongono in particolare in evidenza che politiche di rapido riassetto delle partite correnti di paesi come Italia, Francia e Regno Unito sarebbero compatibili solo ove si registrasse (l'improbabile) passaggio a una posizione di forte disavanzo della Repubblica federale tedesca: altrimenti, la Comunità tenderebbe a scaricare impulsi deflazionistici verso il resto del mondo. Occorre dunque verificare e controllare la coerenza *ex ante* dei sentieri alternativi verso l'aggiustamento reale delle singole economie, tenendo naturalmente presente il quadro di riferimento mondiale periodicamente esaminato in sede OCSE ed in sede FMI.

Corrispettivo a questo processo dovrebbero essere l'espansione e il potenziamento dei flussi di finanziamento a medio-lungo termine intermediati a livello comunitario e incanalati verso i paesi con forte indebitamento a breve termine e/o con posizione esterna corrente ancora deficitaria, in dipendenza del mantenimento degli impegni concordati di politica economica.

In questo scenario si inseriscono le proposte che desidero formulare, che si collegano all'introduzione di una moneta europea parallela, l''Europa', come strumento utile a facilitare il processo di riavvicinamento europeo e di superamento dell'attuale fase di crisi.

III IL PROCESSO DI AGGIUSTAMENTO E L''EUROPA'

Come è noto, le tre principali funzioni di una qualsiasi moneta sono quelle di unità di conto, mezzo di scambio e riserva di valore. Il problema di una moneta *parallela* è, per definizione, quello di coesistere per un tempo più o meno lungo con le monete già in circolazione, senza provocare squilibri di portafoglio che portino o alla sua sparizione o a quella delle altre monete.

La definizione di moneta europea parallela che propongo è quella dell'unità di conto paniere (UCE) ufficialmente adottata dalla Comunità. Non ritengo utile proporre una moneta parallela che sia, in quanto moneta in senso stretto — utile cioè a soddisfare direttamente la funzione di mezzo di scambio (circolante) — tendenzialmente più forte di tutte o quasi tutte le monete esistenti. In particolare dissento dalle proposte del tipo di quella avanzata dagli estensori del « *Manifesto di Ognissanti* » sull'opportunità di emettere una moneta parallela perfettamente indicizzata. Ciò creerebbe squilibri nei portafogli desiderati che comporterebbe frizioni e difficoltà nella fase di transizione.

Occorre in effetti tener distinto il concetto di moneta da quello di credito. In particolare, il prezzo della moneta è rappresentato dall'inverso dell'indice generale dei prezzi, mentre quello del credito è misurato dal tasso di interesse. Così, se la moneta circolante qui proposta è una media delle monete europee, i contratti di debito e credito denominati in 'Europa'

possono risultare accettabili sia a mutuanti che a mutuatari, ove il tasso di interesse, in 'Europa', risulti come media ponderata dei tassi di interesse esistenti sui singoli mercati nazionali (o anche internazionali) delle diverse valute componenti il paniere.
Pur senza approfondire in questa sede il dettaglio tecnico della proposta, si può, ad esempio, configurare l'offerta di depositi bancari o l'emissione di titoli secondo diverse scadenze denominati in 'Europa', che offrono interessi (cedole) collegati a quelli pagati su analoghi strumenti di credito nei paesi della Comunità, su quella proporzione del paniere 'Europa' rappresentata da ogni singola valuta.
La circolazione dell'Europa rappresenterebbe dunque uno strumento utile ad assicurare la coerenza delle politiche monetarie e finanziarie dei singoli stati, volte a permettere l'espressione nei mercati nazionali di tassi di interesse compatibili con condizioni di integrazione dei mercati dei capitali. In questa situazione i tassi nominali sulle diverse valute dovrebbero divergere essenzialmente a seguito dei differenziali previsti nell'inflazione relativa, in modo da garantire comunque un rendimento reale atteso non dissimile.
Lo schema di moneta parallela qui suggerito dovrebbe essere accompagnato da una graduale convergenza dei tassi di inflazione e degli squilibri finanziari pubblici in modo da permettere condizioni di stabilità dei cambi e quindi il passaggio alla UME.
Mi sembra tuttavia poco realistico ritenere che le singole autorità economiche nazionali siano in grado, nell'ambito dell'attuale struttura della CEE, di garantire un sostenuto e coerente processo di aggiustamento e finanziamento degli squilibri esterni non eliminabili.
L'approccio generale che vorrei proporre alla vostra attenzione si impernia su due capisaldi, che si collegano alle considerazioni precedentemente esposte sulla necessità di assicurare la compatibilità degli schemi di aggiustamento e finanziamento.

1) *L'attivazione e il potenziamento del FECoM*

In primo luogo, sembra necessario dare preciso contenuto a una istituzione monetaria europea che possa gradatamente evolversi verso una vera Banca Centrale Federale Europea. Concretamente, nel breve periodo al quale qui mi riferisco, si dovrebbe dare dignità e autonomia al FECOM (*Fonds européen de coopération monetaire*). La mancanza di volontà di far operare questo nucleo di banca europea ha portato alla strana situazione per cui le sue pur limitate funzioni sono in pratica svolte dalla BRI a Basilea. Il FECOM potrebbe invece fin d'ora acquisire precise e importanti competenze. Innanzitutto, esso dovrebbe assumere le funzioni di segretariato tecnico e centro studi per il Comitato dei governatori della CEE e per i gruppi di esperti nazionali delle banche centrali che si riuniscono regolarmente allo scopo di valutare il grado di convergenza delle politiche monetarie comunitarie e di esaminare metodi atti a promuovere una

efficace e costruttiva concertazione degli interventi. È questa una funzione importante e in grado di generare frutti fecondi nel tempo.

In secondo luogo, il FECOM dovrebbe acquisire diretta funzione operativa tramite l'emissione di attività di riserva condizionata e incondizionata, — queste ultime costituirebbero un analogo europeo del DSP — che sarebbero denominate in 'Europa'. Le attività di riserva così create potrebbero avere come contropartita il deposito delle attività ufficiali in oro, che verrebbero così scongelate. I crediti concessi sarebbero collegati secondo i principi esposti precedentemente ai progressi conseguiti nei singoli paesi nel processo di aggiustamento; si dovrebbe, in particolare, favorire il consolidamento dell'indebitamento a breve accumulato in questi ultimi anni, in modo da superare la maldistribuzione di liquidità internazionale che si è venuta creando. Occorre sottolineare a riguardo che i processi qui delineati non richiedono necessariamente impegni troppo gravosi ai paesi in surplus. Si tratta piuttosto di multilateralizzare schemi di sostengo finanziario che si sono fin qui svolti secondo caratteristiche bilaterali (cfr. i depositi incrociati oro-dollari tra la Banca d'Italia e la Bundesbank).

L'azione volta a mobilizzare mezzi finanziari importanti per far fronte ai suaccennati squilibri strutturali potrebbe poi svilupparsi in base ad una azione svolta congiuntamente dal FECOM e dalla BEI. Con il supporto di garanzie multilaterali si potrebbero lanciare prestiti internazionali, preferibilmente denominati in 'Europa', incanalandoli poi rispettivamente alle banche centrali per sovvenire particolari esigenze di liquidità — e a organismi pubblici o privati per il finanziamento di investimenti produttivi nei singoli paesi europei.

La capacità di prestito comunitaria potrebbe essere rivolta direttamente verso i paesi esportatori di petrolio, prevedendo tassi indicizzati con saggio reale molto basso, che risponderebbero all'esigenza di quei paesi di 'conservare' in termini reali il potere di acquisto derivato dalla vendita di un prodotto non riproducibile.

Il FECOM dovrebbe infine svolgere sin dall'inizio un'azione di supervisione e controllo del processo di sviluppo dell''Europa' nei mercati privati dei capitali, istituendo presumibilmente controlli tramite l'istituzione di riserve obbligatorie in termini di 'Europa' ad alto potenziale (quelle cioè direttamente emesse dal FECOM), interventi di mercato aperto e controllo selettivo del processo di sviluppo dell'Europa nei singoli mercati nazionali. In quest'ultimo compito si dovrebbe comunque sempre tener presente l'esigenza di principio di una circolazione sostanzialmente libera dell''Europa'.

Solo in questo modo l''Europa' si porrebbe come moneta parallela in grado di sostituirsi gradatamente, ma secondo processi controllati, alle singole monete nazionali e al mercato dell'Eurodollaro. Occorre cioè aver ben chiara l'esigenza di non creare un ulteriore mercato sovranazionale.

Si tratta invece di porre le premesse per un'ordinata evoluzione verso l'integrazione monetaria europea, in un'ottica, cioè, in cui il problema del controllo degli Euromercati non può non essere affrontato e risolto.

2) *L'istituzione di un confronto periodico (trimestrale) della compatibilità delle politiche e degli obiettivi economici nei singoli paesi con partecipazione dei rappresentanti di tutte le parti sociali*

Gli strumenti monetari qui brevemente delineati ritengo possano utilmente concorrere al rilancio dell'integrazione monetaria in Europa. *Sarebbe tuttavia illusorio ritenere che, da soli, essi possano svolgere un'azione efficace.* Occorre invece che essi si inquadrino in un contesto in cui risulti costantemente verificata la compatibilità degli obiettivi e dei programmi di politica economica perseguiti nei diversi paesi, in vista dei vincoli aggregati esistenti.

A mio avviso sarebbe necessario a questi scopi istituzionalizzare a livello comunitario riunioni regolari, preferibilmente a scadenza trimestrale, dei responsabili dei ministeri economici, delle banche centrali, delle confederazioni dei sindacati e dell'industria[5], che rappresenterebbero il *fulcro* del processo di convergenza e armonizzazione delle economie dei paesi della Comunità.

Scopo di queste riunioni sarebbe la discussione e la verifica della compatibilità degli obiettivi di politica economica globale dei diversi paesi. Si tratterebbe in particolare di esaminare i 'traguardi' perseguiti di prodotto, di bilancia dei pagamenti (e di finanziamento multilaterale), di evoluzione dei prezzi e dei salari e le contropartite finanziarie in termini di disavanzi pubblici, masse monetarie e tassi d'interesse.

Gli obiettivi concordati su base comunitaria e annunciati pubblicamente risulterebbero poi sostanzialmente vincolanti per i diversi paesi, e costituirebbero in particolare presupposto per impostare una politica comunitaria, volta a riportare gradatamente verso condizioni di stabilità e progressiva convergenza i tassi di cambio[6]. Si riuscirebbe così, in particolare, ad evitare l'*impasse* che incontra attualmente la proposta olandese di riprendere in esame la questione dei cambi all'interno della Comunità attraverso la definizione di 'zone traguardo'.

IV CONCLUSIONE

L'approccio che ho qui succintamente delineato, nasce dalla convinzione che soltanto attraverso una responsabilizzazione delle parti sociali e un confronto delle compatibilità tra richieste e risorse si può restituire alle politiche monetarie e finanziarie dei singoli paesi un ruolo coerente con il contenimento durevole delle pressioni inflazionistiche e, quindi, favorevole a uno sviluppo equilibrato e al riassorbimento della disoccupazione. Solo in questo contesto si può procedere all'integrazione europea.

Come il governatore della Banca d'Italia ha recentemente osservato: « In una catena di relazioni sociali e politiche in istato di tensione, la moneta rappresenta l'anello debole ». Occorre dunque evitare di ripetere l'errore di fondo implicito sia nell'approccio Werner, sia, a ben vedere, nelle recenti proposte del ministero Duisenberg sul rilancio di una politica europea di convergenza dei tassi di cambio, che consiste nel ritenere che la fissazione di vincoli monetari nei paesi della Comunità possa, di per sé, condurre a un effettivo coordinamento delle politiche economiche e a una mutua compatibilità degli obiettivi nella fase di transizione.

R. S. M.

RINGRAZIAMENTI

Le considerazioni qui esposte rappresentano l'evoluzione di idee presentate ad una tavola rotonda svoltasi nell'ambito del "Colloquio sulla moneta europea" organizzato dal MFE a Parigi il 25-26 Marzo 1977: sono grato ai partecipanti al dibattito, in particolare al Professor Pascal Salin e al Professor Robert Triffin, per le osservazioni fattemi.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Cfr. in particolare l'analisi contenuta nel lavoro di A. MAJOCCHI, *Fluttuazione, aggiustamento della bilancia dei pagamenti e moneta europea.*

2 G. MAGNIFICO ha per primo posto in evidenza l'importanza che una moneta europea parallela può svolgere nel processo di UME.

3 Arabia Saudita, Oman, Qatar, Emirati Arabi Uniti e Libia.

4 Per un'analisi critica di queste esperienze cfr. il lavoro presentato da E. TUCCIMEI, *Riflessioni sull'esperienza comunitaria di restringimento dei margini di fluttuazione.*

5 Sulla necessità qui rilevata di estendere il processo decisionale, e corrispondentemente responsabilizzare, le principali parti sociali e segnatamente le forze sindacali, cfr. il lavoro di A. JOZZO e G. MERONI, *L'azione sindacale per l'occupazione, lo sviluppo e la moneta europea.*

6 Non è in questa sede possibile affrontare la questione dell'efficacia dei tassi di cambio come strumento di aggiustamento. Su questi argomenti mi trovo peraltro sostanzialmente d'accordo con le considerazioni esposte nello studio presentato a questo convegno da A. MAJOCCHI.

The European Currency in the Present Context of International Payments

Paper presented to the Conference on "The Economic Union and the Problem of the European Currency", sponsored by the European Movement in collaboration with the Italian Section of the European Union of Federalists (EFM)

Rome, 17th.-18th. June 1977

RAINER S. MASERA
Head of the Office for International and Financial Affairs, Bank of Italy, Rome

INTRODUCTION - I

The revival of the process of European monetary integration cannot go ahead without the necessary political support to render more acceptable the albeit gradual loss of monetary sovereignty on the part of the individual states, and at the same time to set up the corrective instruments that are needed to avoid regional repercussions of the unbalances of payments in a monetary union.

These general aspects of the problem have been stressed in several works written in preparation for this conference[1]; the aim of my paper is to formulate a few monetary proposals of a basically 'technical' nature related to the adoption of a parallel European currency (the 'Europe')[2], which may hopefully contribute towards overcoming the present difficult economic situation as well as outlining the cross-over to the EMU, keeping in mind the above-mentioned constraint.

THE POSITION OF INTERNATIONAL PAYMENTS FOLLOWING THE OIL CRISIS AND ITS IMPLICATIONS FOR THE EEC - II

The problem of the phase of transition to European monetary integration must be considered within the current context of substantial unbalances in international payments following on the oil crisis. The increase in oil prices and the inability of the OPEC countries, in particular the 'low absorption' Arab states[3], to spend the oil revenues on the importation of goods and services at a corresponding rate have brought about an essentially new set-up of international payments, which has had repercussions on the EEC and is destined still to have profound effect on it (Tables 1 and 2, see following page).

Soon after the increase in oil prices the Keynesian analysis of full employment equilibrium of *ex ante* saving and investment had acquired new relevance at world level. The transfer of purchasing power from countries with a relatively high consumption propensity to countries with a necessarily high saving propensity transmitted recessive impulses to the world economy. These pressures could only have been checked by the adoption of expansionary policies in the rest of the world, such as to bring about the absorption, on the aggregate level, of current account deficits corresponding to the surplusses generated by the OPEC countries, more or less on levels of full employment of productive resources on a world scale.

The upwards jump of oil prices took place however in an inflationary world context, the basis cause of which is to be found in the interaction between, on the one hand, the abnormal expansion of international liquidity — and thus of the national mone-

Table 1 - Positions of the current accounts of the major world areas
(in milliards of dollars)

	1973	*1974*	*1975*	*1976*	*Cumulative Positions 1974-1976*
OPEC	4	62	34	42	138
OCSE	3	—33	— 6.5	—26.5	— 66
(EEC)	(1)	(—12)	(1)	(— 8.5)	(— 19.5)
NOPDC*	—6	23	—35	—24	— 92
PEC**	—3	— 6.5	—12	— 9	— 27.5
Other countries and statistical divergence	2	0.5	19.5	17.5	37.5

Source: OCSE
* Non oil-producing developing countries.
** Planned economy countries.

Table 2 - Positions of the current accounts within the EEC
(in milliards of dollars)

	1973	*1974*	*1975*	*1976*	*Cumulative Positions 1974-1976*
Germany	4.3	9.7	3.8	3.0	16.5
Holland	2.4	2.0	1.6	2.3	5.9
Belgium-Luxemburg	1.2	0.6	0.3	—0.4	0.5
France	—0.7	— 0.6	—0.1	—5.8	—11.9
Italy	—2.7	— 8.0	—0.6	—2.9	—11.5
United Kingdom	—2.2	— 8.7	—3.6	—2.6	—14.9
Other Countries	—1.3	— 1.6	—0.4	—2.1	— 4.1
EEC Total	1.0	—12.0	1.0	—8.5	—19.5

Source: OCSE

tary stocks of the chief industrialized countries resulting from the United States balance of payments deficits in a regime of inconvertibility of the dollar — and, on the other hand, the gradual rise of scarcity conditions on the raw materials markets. In fact it was precisely this generalized inflationary situation, coupled with an underlying serious unbalance of a structural nature in the developments of the demand for and supply of sources of energy on a world scale, that allowed the coalescence of the OPEC cartel and the sudden increase in oil prices. For the latter were viewed as new relative prices which could be maintained if necessary in the short run by regulating the pace of oil extraction.
The oil price increase naturally multiplied the inflationary tendencies, thus creating the conditions for a wage-price spiral which could have led to a process of hyperinflation on a world scale.

In these circumstances the strongest industrialized countries decided to sustain or even accentuate the restrictive orientation they had conferred on the domestic economic policies, in order to keep the inflationary trends under control. But these choices had the effect of bringing about, on the aggregate level, an excess in *ex ante* saving which could not fail to drag the system towards the profound crisis of 1974-75.
In the resulting state of affairs private vice was to prove to be public virtue. If the example of countries such as Germany, the United States, Holland and Switzerland — which during the biennium 1974-75 registered global current accounts surplusses of no less than 32 milliards of dollars that went to join the surplus of approximately 100 milliards of dollars accumulated by the OPEC countries — had been followed by the other industrialized countries or by the developing nations, the crisis might have assumed ungovernable proportions.
The repercussions of the unbalances that derived from the increase in oil prices were thus felt to a quite disproportionate degree in the latter countries. In the first place the policies agreed upon internationally concerning the recycling of funds were of absolutely inadequate dimensions to cope with the inevitable unbalances; therefore the developing countries and industrial countries with a weak external position (which includes all the countries of the Community except Germany, Holland and Belgium) accumulated their debts largely through the private international credit systems and made use in particular of the intermediation of the xenobank system. There thus came to be an increasing discrepancy between the need for long term intermediation instruments and the actual forms of deficit financing.

A second component of this process related to the overturning of the mechanisms of inflactionary spread that derived from the functioning of the floating exchange rate system. The countries that had adopted policies to support domestic demand were forced to accept ever increasing costs in terms of price increases: the inflationary pressures which in a fixed exchange regime were to a large degree exported now were imprisoned and amplified at home, according as there were movements in the exchanges, which often preceded the actually occurring variations in the competitive positions. The danger that the perilously recessive evolution of the world economy might become even more marked and could risk wreaking havoc in the organization of the internationalization of exchanges, together with the positive results obtained by the leading countries in the control of domestic inflation, spurred these countries to a gradual renewal of economic activity. This was particularly evident and sustained above all in the United States. The stimuli were prevalently linked to the use of fiscal instruments, to prevent excessive monetary expansions from reawakening the inflationary tendencies.
Taking into account the delays that inevitably accompany the full realization of the effects of a change in economic policy, the

results of the steps taken during 1975 in the chief countries to support and stimulate domestic demand were felt mainly in 1976, and enabled the world economic crisis to be overcome.

In must however be emphasized that, as some had correctly foreseen as far back as 1974, the current accounts surplus of the OPEC area is destined to be protracted for a number of years still in relatively large amounts — between 30 and 40 milliards of dollars — if the world economic system should develop according to its potential. The new equilibrium conditions of the international system thus requires that the financial surplusses of the OPEC countries should continue to be countered by 'desired' debts in the rest of the world: the measures taken as stimulus in the strongest countries must find an equivalent either in direct absorption of a portion of the OPEC surplus that cannot be eliminated, or in long term financing flows to countries with a weak external position, or in a combination of these two processes. It must be emphasized in this connection that only the United States have so far embarked on policies in tune with this approach.

It is in this context that the process of revival of European monetary integration must be seen. Therefore it is not merely a question of learning from the experiences connected with the failure of the Werner[4] project, but also of explicitly taking into consideration the additional elements of difficulty present on the current scene. In the period from 1974 to 1976 the Community registered, on the aggregate level, a current accounts deficit of 19.5 milliards of dollars, equal roughly to one-third of the total deficit of the OCSE. This result was in accord with the relative weight of the area of the Community as against the total of the industrialized countries. But the data of Table 2 reveal that there are however substantial unbalances within the EEC. The current situation thus demands a renewed and more effective collaboration concerning the redistribution of the burdens of adjustment, keeping in mind the constraints on financing existing on the aggregate level which are inherent in the need for the Community as a whole to continue to generate deficits equivalent to the relevant amount of the positive balance of the OPEC countries. One might claim at this point that the Community, as one of the most prosperous areas of the world, should preserve an active balance in current payments even in presence of the new set-ups of international exchanges following on the increase in oil prices, in order to continue to transfer real resources to the less developed countries. From a logical point of view this approach to the problem can be thought of as a 'first best' scheme; but it should have a corollary an *adequate increase* in the flows of financing to countries in deficit so as to enable them to absorb both the oil deficits and the debts to richer countries. In both cases the deficits would be destined to last in fairly large amounts for relatively long periods of time, in view of the scanty propensity of the richer countries either to increase the flow of aids and transfers or to channel funds to countries in deficit through international organisms. It follows that the indebtedness of the 'weak' countries and its servicing would make a stable continuous process of financing of world unbalances in the balances of payments quite problematic. It is with these considerations in mind that the 'second-best' solution is here put forward. This solution holds that in the short-medium run the richer countries too should aim to absorb directly a portion of the OPEC surplus, so as to facilitate the process of world financing while helping at the same time to furnish adequate direct support to the world demand.

We conclude from this that the coordination of the Community's economic policies must respect the delicate balance between internal readjustment policies, which aim to guarantee a gradual reduction and convergence of rate of increase of costs and prices in the individual countries, and policies designed

to neutralize the quota of the OPEC surplus that has to be accepted. In other words, there is a need to revise the ratio of adjustment to financing and the ensuing relation between countries with a surplus over against those with a deficit inside the Community. For the centrifugal forces could reach explosive levels should a state of affairs continue that caused Governer Carli to observe, in his 'concluding remarks' of the Bank of Italy Report on the year 1974: « The principle of solidarity, which should be the guiding light behind the [Community] loans, appears to be yielding to the notion that the nations with a dominant economy are their brothers' keepers » (p. 405).

In this perspective the mechanisms of European cooperation and integration should develop along two converging guidelines. In the first place the adjustment process should be put under multi-lateral supervision. From what has been said so far it emerges with great clarity that policies aimed at straightening out the current accounts of countries like Italy, France or the United Kingdom in a short space of time would be compatible only in the (unlikely) eventuality that West Germany should go over to a position of serious deficit: otherwise the Community would tend to discharge deflationary impulses on the rest of the world. It is necessary therefore to verify and check out the *ex ante* coherence of the alternative paths towards real adjustment of the individual economies, while naturally keeping in mind the general world picture periodically examined within the OCSE and the IMF.

This process should be matched by that of stepping up the flows of medium-long run financing intermediated on the Community level and channelled towards countries with a large short-run debt and/or with a current accounts external position that is still in deficit, insofar as this is within the bounds of the economic policies agreed upon.

This much sketches out the background against which I wish to put forward my proposals. My proposals relate to the introduction of a parallel European currency, the 'Europe', as a useful instrument to facilitate the process of European rapprochement and to contribute to overcoming the present phase of crisis.

THE ADJUSTMENT PROCESS AND THE 'EUROPE' - III

As is well known, the three main functions of any currency are to act as a unit of account, a means of exchange and a store of value. The problem of a *parallel* currency is by definition that of coexisting over a more or less extended period with the currencies already in circulation, without provoking portfolio unbalances that could lead to its disappearance or the disappearance of the other currencies.

The definition of parallel European currency that I propose is that of the basket unit (EUA) officially adopted by the Community. I do not believe that a case can be made for a parallel currency which, being money in the strict sense of the word — i.e. directly usable as a means of (circulating) exchange — may tend to be stronger than all or nearly all the existing currencies. I particularly disagree with the proposals of the type put forward by the drafters of the « *All Saints' Manifesto* » concerning the advisability of issuing a perfectly indexed parallel currency. This would create unbalances in the desired portfolios, thus leading to friction and difficulty in the transition phase.

What this means, then, is that the concept of money must be kept separate from that of credit. In particular, the price of money is represented by the inverse of the general price index, while that of credit is measured by the rate of interest. Thus, if the money = currency proposed here is an average of the European currencies, the debit and credit contracts denominated in « Europe » can be acceptable to both lenders and borrowers, provided that the rate of interest in 'Europe' works out to be a weighted average of the rates of interest currently in existence of the individual national (or international) markets of the various currencies that make up the basket.

Without going into further detail here on the technical aspects of the proposal, one can envisage for instance the offer of bank deposits or the issue of bonds with a variety of maturities denominated in 'Europe', which offer interest (coupons) corresponding to that on analogous credit instruments in the Community countries, for that portion of the 'Europe' basket represented by each individual currency.

The circulation of 'Europe' would thus represent a useful instrument to ensure the coherence of the monetary and financial policies of the individual states, which should be designed to allow interest rates on the national markets that are compatible with conditions of integration of the capital market. In this situation the nominal rates on the different currencies should diverge essentially as a result of the foreseen differentials in the relative inflation, so as to guarantee in any case a roughly similar expected real yield.

The schema of a parallel currency put forward here should be accompanied by a gradual convergence of the rates of inflation and of the unbalances in public finance so as to bring about stability of the exchanges and thereby the change over to the EMU.

I estimate however that it is unrealistic to expect the individual national economies authorities to be able to guarantee a sustained and coherent process of adjustment and financing of the uneliminatable external unbalances within the framework of the present structure of the EEC.

The general approach which I wish to submit to your attention hinges on two key points, which are linked to the above observations concerning the necessity to ensure the compatibility of the schemes of adjustment and financing.

1) *The Activation and Strengthening of the FECoM*

First of all, it seems necessary to establish precise tasks for a European monetary institution that is to evolve gradually towards a genuine European Federal Central Bank. In concrete terms, in the short run to which I am referring here, the FECOM (*Fonds européen de coopération monétaire*) should be endowed with dignity and autonomy. The lack of a resolve to enable this nucleus of a European bank to operate has led to the strange situation in which the few functions it is granted are in reality carried out by the BIS in Bâle. But the FECOM could in fact begin straightaway to take on precise and important tasks. To start with, it should take on the functions of a technical secretariat and a study centre for the Committee of governers of the EEC and for the groups of national experts of the central banks who meet on a regular basis to evaluate the degree of convergence of the Community's monetary policies and to examine suitable methods of encouraging an efficient and constructive coordination of interventions. This is an important function and one that is capable of being extremely fruitful over a period of time.

Secondly, the FECOM should be empowered to operate directly by means of the issue of conditioned and unconditioned reserve assets — and the latter would constitute a European analogue of the DSP — which would be denominated in 'Europe'. The reserve assets thus created could be set off by the deposit of official assets in gold, thereby unfreezing the latter. The credits granted would be connected to the progress in adjustment made in the individual countries according to the principles described earlier; consolidation of the short-run debts accumulated over the last few years should be encouraged, so as to overcome the unequal distribution of international liquidity that has developed. It must be emphasized at this point that the processes outlined here do not necessarily place too heavy an onus on countries in surplus. Rather, it is a question of multilateralizing schemes of financial support which so far have been carried out within a bilateral framework (cf. the crossed gold-dollar deposits be-

tween the Bank of Italy and the Bundesbank).

The measures aimed at mobilizing considerable financial means to contend with the above mentioned unbalances could be taken jointly by the FECOM and the BEI. With the support of multilateral guarantees, international loans could be issued, preferably denominated in 'Europe', and then channelled to the central banks and to public or private organisms for assistance in special liquidity requirements, and for the financing of productive investments in the individual European countries, respectively. The Community's borrowing capacity could be oriented directly towards the oil-exporting countries, and indexed rates with a very low real rate could be foreseen, corresponding to the need on the part of those countries to 'preserve' in real terms the purchasing power derived from the sale of a non-reproducible product.

Finally, the FECOM should from the outset supervise and control the development of the 'Europe' on the private capital markets, for instance by setting up controls through the institution of obligatory high potential reserves in 'Europe', (namely, those directly issued by the FECOM), open market interventions and selective control of the development of the 'Europe' on the individual national markets. But on this last point one should not lose sight of the need for a substantially free circulation of the 'Europe'.

Only in this manner can the 'Europe' act as a parallel currency gradually able, through a carefully controlled process, to take the place of the individual national currencies and of the Eurodollar market. In other words, one must realize that it is imperative not to create a further supranational market. What is required instead is to lay the ground work for the evolution towards European monetary integration, which means that there is no way of avoiding coming to grips with and solving once and for all the problem of the control of the Euromarkets.

2) *The Establishment of a Periodic (Trimestral) Review of the Compatibility of the Economic Policies and Objectives in the Individual Countries, with the Participation of Representatives of all the Social Forces*

I argue that the monetary instruments briefly outlined here can make a useful contribution to the revival of monetary integration in Europe. *But it would be wishful thinking to expect them to operate efficiently on their own.* They must instead be used in conjunction with a constant check on the compatibility of the objectives and programmes of economic policy pursued in the various countries, under the existing aggregate constraints.

In my opinion these aims require the institutionalization on the Community level of regular meetings, preferably on a trimestral basis, of the delegates of the economic ministries, the central banks and the trade union and industrial confederations[5]. Meetings of this kind would represent the *fulcrum* of the process of convergence and harmonization of the economies of the countries in the Community.

The purpose of these meetings would be to discuss and check out the compatibility of the objectives of the global economic policy of the various countries. In particular, attention should be paid to the desired 'targets' of product, balance of payments (and multilateral financing), evolution of prices and wages and the financial counterparts in terms of public deficits, monetary stocks and rates of interest.

The objectives agreed upon at the Community level and publicly announced should to all extents and purposes be considered binding for the various countries. In particular they would form the premise to devise a Community policy designed to bring the exchange rates gradually back to stability and progressive convergence[6]. It would thus be possible to avoid the impasse that is currently being faced by the Dutch proposal to reexamine the question of exchanges within the Community through the definition of 'target zones'.

CONCLUSION - IV

The approach that I have sketched out succinctly here arises from the conviction that it is only by bringing the social forces to a realization of their responsibilities and by comparing demands and resources to ensure their compatibility that the monetary and financial policies of the individual countries can be restored to a role that accords with the lasting containment of the inflationary pressures and hence will favour balanced development and the reabsorption of un-employment. Only in this context can one proceed towards European integration.

As the governer of the Bank of Italy has recently observed: « In a chain of social and political relations that are in a state of tension, money represents the weak link ». It is therefore imperative to avoid repeating the basic error implicit both in the Werner approach and, on closer inspection, in the recent proposals of the Minister Duisenberg concerning the revitalization of a European policy of convergence of exchange rates. These proposals hold that the fixation of monetary constraints in the Community countries can in and of itself lead to an effective coordination of the economic policies and to a mutual compatibility of objectives in the transition phase.

R. S. M.

Translation: R. COSTA BARRITT - PISA

ACKNOWLEDGMENTS

The arguments put forward here represent the evolution of some ideas presented at a round table that took place at the « Colloquium on European Money » organized by the EFM in Paris on March 25th.-26th. 1977. I am grateful to the participants in the discussion, in particular to Professor Pascal Salin and Professor Robert Triffin, for their helpful comments.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 Cf. in particular the analysis contained in the study by A. MAJOCCHI, *Fluttuazione, aggiustamento della bilancia dei pagamenti e moneta europea.*

2 G. MAGNIFICO was the first to point out the importance that a parallel European currency may have in the UME process.

3 Saudi Arabia, Oman, Qatar, United Arab Emirates and Libya.

4 For a critical analysis of these experiences, cf. the study by E. TUCCIMEI: *Riflessioni sull'esperienza comunitaria di restringimento dei margini di fluttuazione.*

5 Concerning the need pointed out here to extend the decisional process and correspondingly to place some responsibility on the principal social forces, especially the trade unions, cf. the study by A. JOZZO and G. MERONI, *L'azione sindacale per l'occupazione, lo sviluppo e la moneta europea.*

6 It is beyond the scope of this paper to deal with the effectiveness of the exchange rates as an instrument of adjustment. On this point I find myself substantially in agreement with the analysis put forward in the paper presented to this conference by A. MAJOCCHI.

La seconda Conferenza internazionale sulla mutagenesi ambientale

Edinburgo, 11-15 Luglio 1977

NICOLA LOPRIENO
Università di Pisa

Sotto gli auspici della International Association of Environmental Mutagen Societies e la European Environmental Mutagen Society, cinquecento ricercatori si sono riuniti ad Edinburgo per discutere i risultati delle ricerche sviluppate nell'ultimo anno nell'ambito della mutagenesi ambientale, allo scopo di definire i metodi di accertamento dei rischi genetici derivanti alla popolazione umana dalla esposizione con decine di migliaia di composti chimici di sintesi.

Le relazioni presentate nel corso della Conferenza hanno dimostrato come a questo obiettivo siano ormai finalizzate le ricerche scientifiche in diversi campi, quali la genetica umana, la biologia molecolare, la farmacologia, la mutagenesi, la cancerogenesi, la tossicologia industriale. Nel corso di alcuni simposi, quali quello sulla protezione genetica e sull'esame critico delle metodiche di studio dei mutageni, si sono illustrati i progressi fatti in questo campo, specialmente con lo sviluppo di metodologie nuove che permettono lo studio *in vivo* su animali quali il topo, delle mutazioni che insorgono dopo trattamento chimico del topo sia a livello di alcune decine di funzioni genetiche, sia a livello di cellule dei diversi tessuti.

Nel corso di alcune tavole rotonde si è discusso sui fondamenti scientifici alla base degli attuali tentativi di estrapolazione all'uomo dei risultati ottenuti in esperimenti di laboratorio, sulla necessità di organizzazione di corsi di educazione e di preparazione tecnica nell'ambito dei mutageni ambientali e negli attuali indirizzi di tentativi di una regolamentazione legislativa intesa al controllo preventivo della diffusione delle sostanze chimiche nell'ambiente umano. È ormai opinione comune, derivante anche dallo sviluppo raggiunto dalle ricerche di mutagenesi chimica, come sia possibile attualmente sottoporre a controllo preventivo tutti i nuovi composti chimici sintetizzati dall'industria, allo scopo di evidenziare gli eventuali effetti tossici a lungo termine di cui siano capaci alcuni tipi di molecole chimiche.

La Conferenza di Edinburgo è anche servita per definire quei campi di ricerca in cui c'è necessità di ulteriore approfondimento, quali lo studio

di quei fenomeni che sono alla base delle alterazioni genetiche umane, ad es. i processi di non-disgiunzione cromosomica da cui derivano alcune sindromi patologiche umane; la comprensione delle numerose reazioni metaboliche di attivazione o di detossificazione dei composti chimici estranei introdotti nell'organismo umano; la necessità di ricerche epidemiologiche sullo sviluppo di malattie genetiche in relazione a fattori etiologici ambientali quali sono i mutageni chimici.

N. L.

The Second International Conference on Environmental Mutagens

Edinburgh, July 11-15, 1977

NICOLA LOPRIENO
Università di Pisa

Under the auspices of the International Association of Environmental Societies and the European Environmental Mutagen Society, fifty hundred research scientists met in Edinburgh to discuss the results of the studies carried out during the past year in the field of environmental mutagenesis, with the object of defining the methods of assessing the genetic risks for the human population from exposure to tens of thousands of chemical compounds in combination.

The papers read during the course of the Conference showed how this has become the objective of scientific research in various fields such as human genetics, molecular biology, pharmacology, mutagenesis, cancerogenesis and industrial toxicology. In the course of various symposia — such as that on genetic defence and on a critical examination of the methods of studying mutagens — an idea was given of the progress made in this field, especially with the development of new methodologies that allow the *in vivo* study of animals such as the mouse, with regard to the mutations that arise after its chemical treatment, at the level both of dozens of genetic functions and of cells of various tissues.

Various round table discussions touched on the scientific bases underlying present-day attempts at extrapolating to man the results obtained in laboratory experiments, and on the need to organise courses of technical education and training in the field of environmental mutagens and in the present lines of approach of attempts at a code of legislative regulations aimed at the control of the diffusion of chemicals in the human environment. It is now commonly agreed, also as a result of the state of development attained by studies in chemical mutagenesis, that it is now possible to check and control all the new chemical compounds synthesised by industry, in order to reveal any possible long-term toxic effects that may be derived from certain types of chemical molecule.

The Edinburgh Conference also served to define those fields of research in which further study is needed, such as the study of the phenomena that underlie human genetic alterations; for example: the processes of chromosome non-disjunction that give rise to certain human pathological syndromes; an understanding of the numerous metabolic reactions of activation or of detoxification of foreign chemical compounds introduced into the human organism; and the need for epidemiological studies on the development of genetic diseases in relation to environmental etiological factors: for example, chemical mutagens.

N. L.

Translation: J. LUBBOCK - TONBRIDGE (ENGLAND)

De la matière inorganique aux formes vivantes:

bases théoriques et aspects physiques, chimiques et biologiques

Rencontre avec les auteurs de l'Enciclopedia Einaudi à l'Istituto Italiano di Cultura, 50, rue de Varenne, Paris, 17-18 Février 1978

Participants:

MM. Ilya Prigogine - René Thom - Antoine Danchin - Pierre Delattre
Bruno de Finetti - Albert Goldbeter - Maurice Gueron - Alfonso M. Liquori
Grégoire Nicolis - Jean Petitot - Massimo Piattelli-Palmarini
Michel Serres - Giuliano Toraldo di Francia - John Turner - Livio Gratton
Ludwig Arnold - Giorgio Prodi - Gerard Toulouse - Malek Mansour

Salles de l'Istituto Italiano di Cultura, 50, rue de Varenne, Vendredi 17 et Samedi 18: autour du Pr Ilya Prigogine, Prix Nobel 1977 pour la Chimie, se réunissent d'éminents savants et spécialistes français, belges, allemands, italiens, dont le Pr René Thom, fondateur de la théorie — fort discutée — des catastrophes, et les élèves de Jacques Monod, le célèbre biologiste de *Le hasard et la nécessité*. L'initiative — due à l'éditeur Einaudi (à l'occasion de la parution du deuxième tome de son Encyclopédie) — est ambitieuse: contraindre quelques uns des spécialistes, qui sont allés de l'avant dans la recherche, suggestive mais lourde de mystères, de l'origine de la vie, à explorer la possibilité de voies intermédiaires ou à définir le tableau des incompatibilités insurmontables, à la suite d'une confrontation des idées, des conceptions, des méthodes, des élaborations.

Le sujet de la table ronde à laquelle participent MM. Prigogine, Thom, les biologistes de l'école de Monod, des physiciens, des chimistes, des épistémologues, est plus qu'abstrus pour les non-spécialistes: « L'orde par fluctuations: fondements théoriques et applications physiques, chimiques et biologiques »; en réalité, il recèle, dans les problématiques qu'il prend en considération, et surtout dans le débat et dans les polémiques qu'il suscitera, une question fondamentale qui a survécu à des siècles de spéculations philosophiques et de recherches empiriques, aux découvertes des naturalistes et au siècle des lumières, ainsi qu'aux méthodologies inter-

disciplinaires modernes les plus raffinées, qui ont amené à une connaissance capillaire du fonctionnement de la matière vivante, et à la construction de modèles de l'existant d'une perfection fascinante.

« Ce qui est, comment peut-il commencer à être? » se demandait Parménide d'Elée au V siècle av. J.-C. La question remonte le cours de l'histoire, en serpentant et se glissant entre métaphysique et physique, entre panthéismes et naturalismes, entre théologie et science, entre alchimie et chimie, de l'aristotélisme à Bacon, de Descartes à Diderot, de Spallanzani à Hegel, des biologistes au mathématiciens, des théories circulaires et de transmutation des alchimistes aux instructions pour produire la vie *ex putri*, inspirant des dictons populaires comme le proverbe vénitien « tout va et vient, et rien ne se maintient », ou stimulant des représentations littéraires comme le *Qfwfq* de Calvino qui « était là » au début de la vie, pour aboutir aux définitions modernes de Prigogine, Monod, Thom.

Aujourd'hui on se demande: quel est le processus qui détermine le passage du non-vivant au vivant? L'accumulation d'informations, d'expériences, de savoir, a laissé ce point dans l'obscurité; nous connaissons et nous reproduisons le 'non-vivant', nous connaissons et nous reproduisons le 'vivant', mais nous ne connaissons pas et ne savons pas reproduire le passage d'un état à l'autre de la matière, l'opération que la vulgate théologique définissait comme la 'création'. Ce problème est toutefois devenu le domaine d'hypothèses hardies, d'un travail théorique, où, entre la science et la philosophie — et en particulier entre la biologie, les mathématiques, la logique, l'épistémologie, si l'on peut encore parler d'une séparation entre les disciplines scientifiques et philosophiques — le lien se fait toujours plus étroit, et où la science moderne semble s'ouvrir à des similitudes avec le passé.

Ilya Prigogine et ses collaborateurs de l''école de Bruxelles' auraient trouvé le modèle théorique de la structure intermédiaire entre le non-vivant et le vivant.
Cette structure, à travers les impulsions extérieures du milieu, tend à rendre plus complexe sa propre organisation intérieure: la vie serait le résultat de cette organisation accrue. Dans la terminologie de Prigogine, le stade intermédiaire entre le non-vivant et le vivant prende le nom de 'structure dissipative', car elle dissipe les inputs matériels, énergétiques et d'information, prélevés sur le milieu.

Sur la base de la théorie de la structure dissipative, Ilya Prigogine a construit des modèles mathématiques, qui exploitent en particulier les études sur la thermodynamique des processus irréversibles: réactions chimiques et changements de phase, de l'état solide à l'état liquide, mais qui ont également été utilisés pour interpréter des phénomènes très divers: par

exemple le processus de formation d'une ville, et l'agrégation d'une forme spatiale organisée de personnes et de matériaux. N'est-ce pas là aussi, en quelque sorte, le passage d'un 'inexistant' à un 'existant'?
Prigogine est contesté par Jacques Monod et les biologistes moléculaires. Ceux-ci nient que l'auto-organisation d'une structure dissipative soit une condition suffisante pour déterminer le passage à la vie: ils ancrent la vie à l'ordre biologique, au monde des grandes molécules biologiques, à leur individualité, à ce qu'on appelle le 'programme génétique'. Sous le feu de leurs contestations, la thermodynamique ressort comme une loi des statistiques, des grands nombres qui se répètent dans les myriades d'interactions de la matière, plutôt que comme l'origine d'événements réels. La structure dissipative est le 'hasard', la biologie moléculaire est la 'nécessité', si l'on utilise l'opposition qui a rendu célèbre le nom de Monod. Ainsi, à titre d'exemple, l'agitation chaotique d'un tas de pierres peut produire un certain nombre de fois un arc de plein cintre, mais il faut encore prouver qu'elle peut nous fournir une copie du Panthéon. Pour en revenir à la biologie, sans le secours d'un programme génétique (projet architectonique), il est impossible d'obtenir une protéine donnée (la copie du Panthéon); l'ordre biologique n'est pas un ordre quelconque, mais un ordre finalisé.

Dans ce défi, aux frontières de la science, entre les modèles mathématiques et les modèles moléculaires, entre l'ordre par fluctuations (qui s'auto-organisent dans les structures dissipatives) et l'ordre biologique (qui prend naissance à partir d'un projet génétique précis), s'introduit, plus comme une provocation que comme une médiation, la théorie des catastrophes de René Thom, qui a mis en ébullition le monde scientifique international et attiré des jugements particulièrement polémiques et controversés: génial pour les uns, à démolir pour les autres, bien que tous s'accordent à reconnaître que l'auteur est une autorité en mathématiques.

Qu'affirme donc Thom? Que tout processus morphogénétique, qu'il concerne un embryon ou un nuage, est toujours le résultat d'un conflit (catastrophe) entre les forces extérieures et les liens intérieurs, par exemple entre un espace réel, comme la structure visible de l'embryon, et un espace dit de contrôle, comme les séquences du code génétique. Une image géographique: de profondes vallées aux profils universels (catastrophes élémentaires) dans lesquelles se déroule le parcours des formes vivantes, en changeant quantitativement suivant les moindres différences de compénétration qu'il rencontre dans son avancée.

C'est précisément l'article 'catastrophes' de l'Encyclopédie Einaudi qui rappelle la théorie hégélienne suivant laquelle un changement de qualité

correspond à tout progrès quantitatif. Ce domaine abonde en renvois au passé, en échos, en analogies, en projections anticipatrices; c'est là-dessus que devront s'exercer les spécialistes qui prennent part aux deux jours de débats à l'Istituto Italiano di Cultura, organisés avec la collaboration de Massimo Piattelli Palmarini, biophysicien, directeur du Centre Royaumont pour une science de l'homme, et du Pr Ilya Prigogine en personne. Si l'on tient compte de l'incidence que les modèles en discussion ont déjà aujourd'hui, et pourront avoir dans l'avenir, non seulement sur la biologie, la génétique et la pensée de l'homme, mais aussi sur les sciences sociales et leurs applications, on voit immédiatement à quel point s'élargit le cercle des intellectuels impliqués dans le débat.

Dalla materia inorganica alle forme viventi:

basi teoriche e aspetti fisici, chimici e biologici

Un incontro con gli autori dell'Enciclopedia Einaudi all'Istituto Italiano di Cultura, 50, rue de Varenne, Parigi, 17-18 Febbraio 1978

Partecipanti:

MM. Ilya Prigogine - René Thom - Antoine Danchin - Pierre Delattre Bruno de Finetti - Albert Goldbeter - Maurice Gueron - Alfonso M. Liquori Grégoire Nicolis - Jean Petitot - Massimo Piattelli-Palmarini Michel Serres - Giuliano Toraldo di Francia - John Turner - Livio Gratton Ludwig Arnold - Giorgio Prodi - Gerard Toulouse - Malek Mansour

Nelle sale dell'Istituto Italiano di Cultura, al numero 50 di rue de Varenne, venerdì 17 e sabato 18: attorno al professor Ilya Prigogine, premio Nobel 1977 per la Chimica, si riuniscono insigni studiosi e scienziati, francesi, belgi, tedeschi, italiani, tra i quali René Thom, fondatore della discussa teoria delle catastrofi, e gli allievi di Jacques Monod, il celebre biologo de *Il caso e la necessità*. L'iniziativa, promossa dall'editore Einaudi (in occasione del secondo volume della sua Enciclopedia), è ambiziosa: costringere a un confronto di idee, di concezioni, di metodi, di elaborazioni — esplorando la possibilità di vie intermedie o definendo il quadro di incompatibilità insormontabili — alcuni scienziati che si sono spinti più avanti nella ricerca suggestiva ma densa di mistero dell'origine della vita.

Il tema della tavola rotonda a cui intervengono Prigogine, Thom, i biologi della scuola di Monod, fisici, chimici, epistemologi, è senza dubbio estremamente astruso per i non specialisti — « L'ordine derivante dalle fluttuazioni: aspetti teorici, applicazioni fisiche, chimiche e biologiche » — ma in realtà cela, nelle problematiche cui accenna e soprattutto nel dibattito e nelle polemiche che susciterà, un interrogativo fondamentale, sopravvissuto a secoli di speculazioni filosofiche e di ricerche empiriche, alle scoperte dei naturalisti e all'età dei lumi, nonché alle più sofisticate metodologie interdisciplinari moderne, che hanno portato a una conoscenza capillare di come funziona la materia vivente e alla costruzione di modelli di riproduzione dell'esistente, di affascinante perfezione.

« Ciò che è, come può cominciare a essere? ». Se lo domandava Parmenide di Elea nel V secolo avanti Cristo. L'interrogativo risale il corso della storia, serpeggiando e sgusciando tra metafisica e fisica, tra panteismi e naturalismi, tra teologia e scienza, tra alchimia e chimica, dall'aristotelismo a Bacone, da Cartesio a Diderot, da Spallanzani

a Hegel, dai biologi ai matematici, dalle teorie circolari e di trasmutazione degli alchimisti alle regole per produrre la vita *ex putri*, ispirando motti popolari come il proverbio veneto « *tuto va e vien, e gnente se mantien* », o stimolando raffigurazioni letterarie, come il *Qfwfq* di Calvino che « era lì » all'inizio della vita, per approdare alle moderne definizioni di Prigogine, Monod, Thom.

Oggi ci si domanda: qual è il processo che determina il passaggio dal non vivente al vivente? L'accumulo di informazioni, di sperimentazioni, di sapere ha lasciato oscuro questo punto; conosciamo e riproduciamo il 'non vivente', conosciamo e riproduciamo il 'vivente', ma non conosciamo né siamo in grado di riprodurre il passaggio dall'uno all'altro stato della materia, operazione che la vulgata teologica definiva 'creazione'. Il problema è diventato però il campo di ardite ipotesi, di un lavoro teorico, in cui si fa sempre più stretto il nesso tra scienza e filosofia — in particolare tra biologia, matematica, logica, epistemologia, posto che si possa ancora parlare di una separazione tra discipline scientifiche e filosofiche — e in cui la scienza moderna sembra aprirsi a similitudini col passato.

Ilya Prigogine e i suoi collaboratori della 'scuola di Bruxelles' avrebbero trovato il modello teorico della struttura intermedia tra il non vivente e il vivente. Tale struttura, attraverso gli stimoli esterni dell'ambiente, tende a rendere più complessa la propria organizzazione interna: la vita sarebbe il risultato di questa aumentata organizzazione. Nella terminologia di Prigogine, lo stadio intermedio tra non vivente e vivente prende il nome di « struttura dissipativa », poiché dissipa le entrate materiali, energetiche e di informazione, prelevate dall'ambiente.
In base alla teoria della struttura dissipativa, Ilya Prigogine ha costruito dei modelli matematici, che sfruttano in particolare gli studi sulla termodinamica dei processi irreversibili: reazioni chimiche e cambiamenti di fase, da uno stato solido a uno stato liquido; ma che sono stati utilizzati anche per interpretare fenomeni molto diversi: per esempio il processo di formazione di una città e l'aggregarsi di una forma spaziale organizzata di persone e di materiali. Non è anche questo, in qualche modo, passaggio da un 'inesistente' a un 'esistente'?
Prigogine è contestato da Jacques Monod e dai biologi molecolari. Essi negano che l'auto-organizzazione di una struttura dissipativa sia condizione sufficiente a determinare il passaggio alla vita: ancora la vita all'ordine biologico, al mondo delle grandi molecole biologiche, alla loro individualità, a ciò che si definisce 'programma genetico'. Sottoposta al fuoco delle loro contestazioni, la termodinamica appare legge delle statistiche, dei grandi numeri, che si ripetono nelle miriadi di interazioni della materia, piuttosto che origine di avvenimenti reali.

La struttura dissipativa è il 'caso', la biologia molecolare è la 'necessità' per usare la contrapposizione che ha reso celebre il nome di Monod. Così, esemplificando, l'agitazione caotica di un mucchio di pietre può produrre un certo numero di volte un arco a tutto sesto, ma resta da dimostrare che possa darci una copia del Pantheon. Tornando alla biologia, senza l'ausilio di un programma genetico (progetto architettonico), non è possibile ottenere una data proteina (la copia del Pantheon): l'ordine biologico non è un ordine qualsiasi, ma un ordine finalizzato.

In questa sfida, alle frontiere della scienza, tra modelli matematici e modelli molecolari, tra l'ordine delle fluttuazioni (che si auto-organizzano nelle strutture dissipative) e l'ordine biologico (che nasce da un preciso progetto genetico), si inserisce come una provocazione, piuttosto che come mediazione, la teoria delle catastrofi di René Thom, che ha messo a rumore il mondo scientifico internazionale, dettando i giudizi più polemici e controversi: geniale per gli uni, da stroncare per gli altri, benché tutti gli riconoscano grande autorità nella matematica.

Che cosa sostiene Thom? Che ogni processo morfogenetico, riguardi un embrione o una nube, è sempre il frutto di un conflitto (catastrofe) tra forze esterne e vincoli interni, per esempio tra uno spazio reale, come la struttura visibile dell'embrione, e uno spazio detto di controllo, come le sequenze del codice genetico. Una immagine geografica: profonde vallate dai profili universali (catastrofi elementari) entro le quali corre il percorso delle forme viventi, mutando qualitativamente, secondo le minime differenze di compenetrazione che incontra nel progredire.

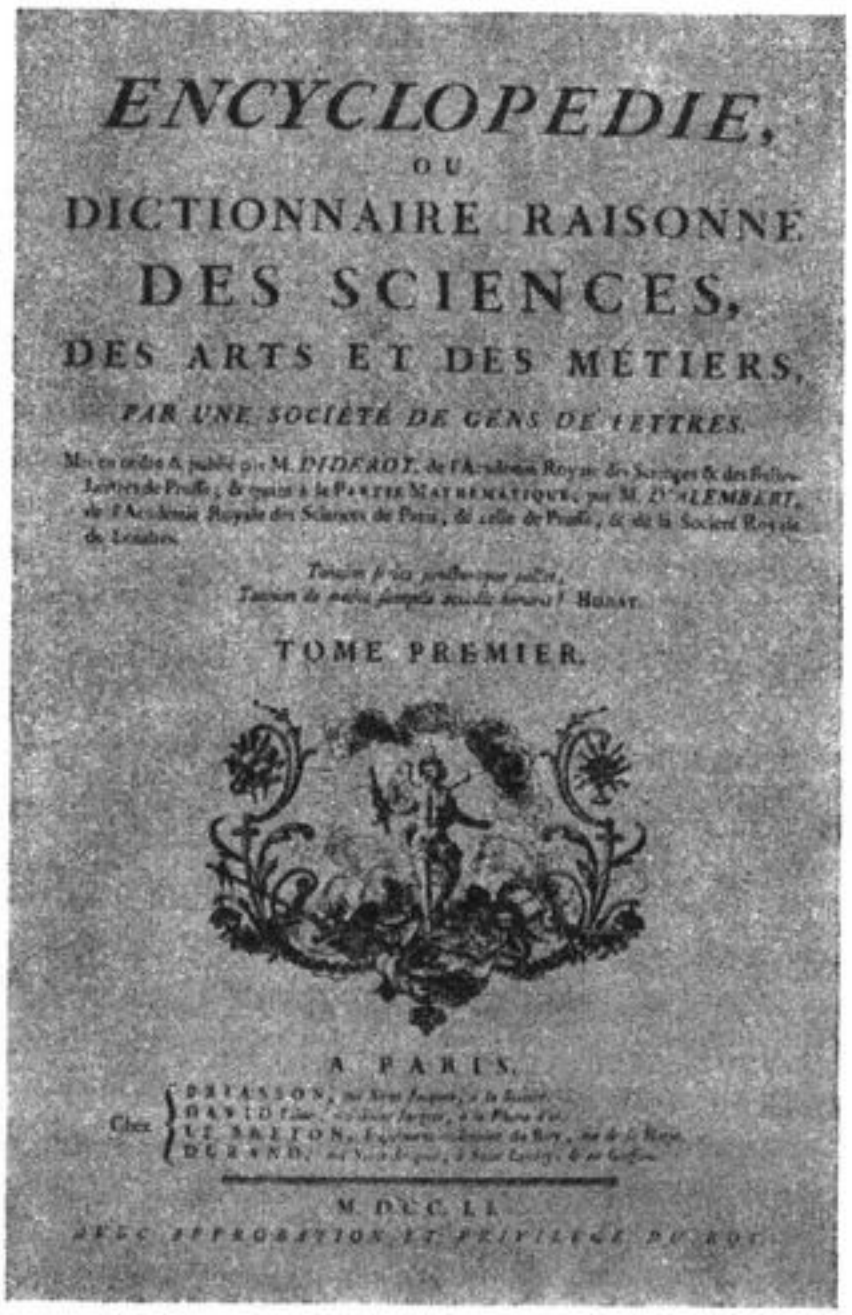
Proprio la voce 'catastrofi' dell'Enciclopedia Einaudi ricorda la teoria hegeliana secondo la quale a ogni progresso di quantità corrisponde un mutamento di qualità. Il campo è denso di rimandi al passato, di echi, di analogie, di proiezioni avveniristiche, intorno ai quali dovranno provarsi gli studiosi che intervengono ai due giorni di dibattito all'Istituto Italiano di Cultura, organizzati con la collaborazione di Massimo Piattelli Palmarini, biofisico, direttore del Centre Royaumont pour une Science pour l'Homme, e dallo stesso professor Ilya Prigogine.

Se si tiene conto dell'incidenza che i modelli di cui si discute hanno già oggi o potranno avere in futuro non solo sulla biologia, sulla genetica e sul pensiero dell'uomo, ma anche sulle scienze sociali e le loro applicazioni, si vede subito come si allarghi la cerchia degli intellettuali coinvolti nel dibattito.

Einaudi presenta la sua nuova Enciclopedia: seicento concetti-chiave per capire il sapere di oggi e quello di domani.

Che cosa è una enciclopedia

L'enciclopedia moderna nasce con i settecenteschi Dizionari delle Arti e dei Mestieri, e trova presto il suo massimo esempio con l'*Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert, trentacinque volumi apparsi tra il 1751 e il 1780, formidabile strumento di diffusione della cultura illuminista. Opera d'équipe, l'enciclopedia moderna adotta l'ordine alfabetico, e fornisce un'informazione aggiornata sul complesso delle conoscenze. A parte l'esempio eccezionale dell'*Encyclopédie*, che era anche uno strumento di lotta ideologica, l'enciclopedia moderna tende all'inventario, è un magazzino di cognizioni sotto forma di migliaia di voci disarticolate. Essa propone cioè una scomposizione del sapere cui non segue una ricomposizione. Il suo tipico modo d'uso è la consultazione occasionale, non la lettura continuata.


ENCYCLOPEDIE,
OU
DICTIONNAIRE RAISONNE
DES SCIENCES,
DES ARTS ET DES MÉTIERS,
PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.
TOME PREMIER.
A PARIS.
M. DCC. LI

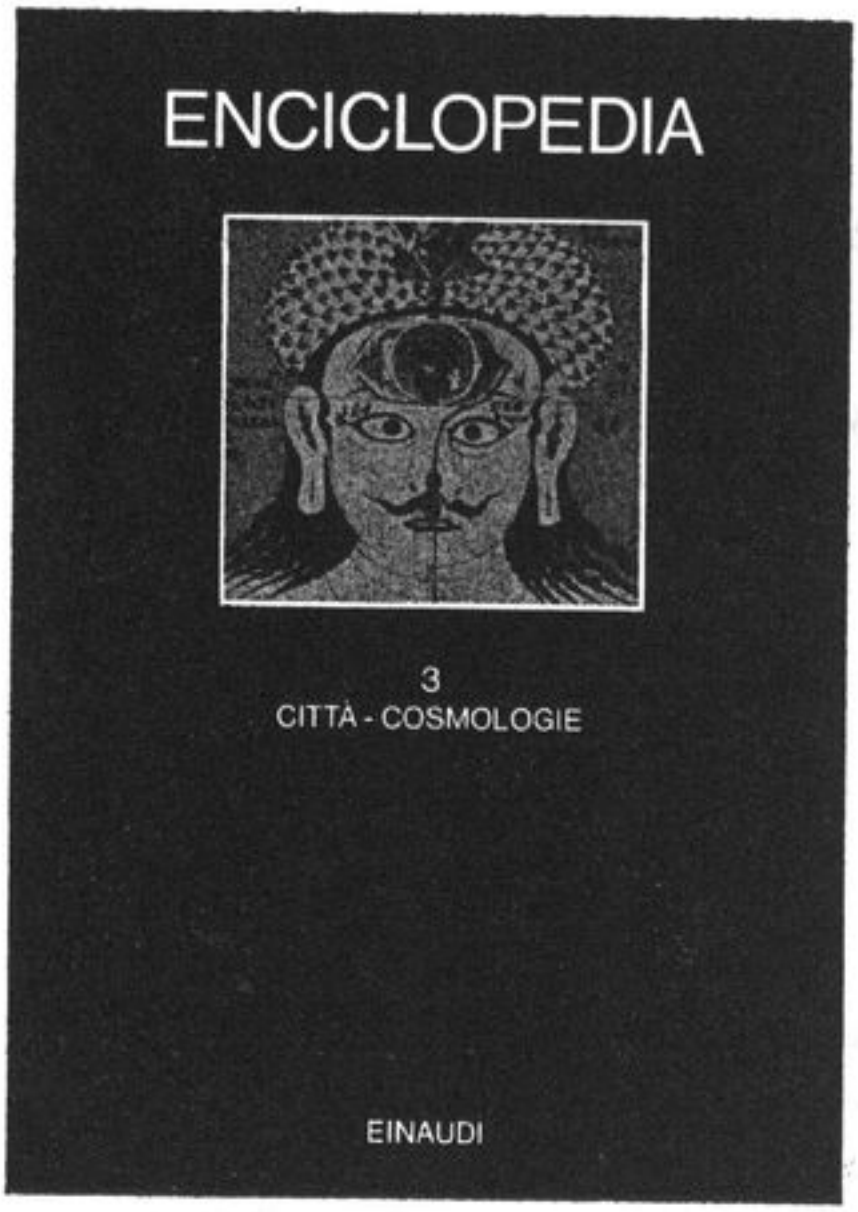
L'enciclopedia moderna è destinata sin dall'inizio a un pubblico di non specialisti, che informa rapidamente e senza pretese di approfondimento. Questo pubblico ha ora nuovi mezzi per informarsi e tenersi al corrente rapidamente: una enciclopedia deve dunque rispondere oggi ad altri bisogni.

Che cosa è l'Enciclopedia Einaudi

L'Enciclopedia Einaudi muove da questi nuovi bisogni: essa non intende soltanto riferire i risultati raggiunti in ogni campo, ma cerca di cogliere i processi in atto nella cultura complessiva di un'epoca, i meccanismi del suo funzionamento, la direzione verso cui si muove. Non vuole dare risposte definitive (destinate a invecchiare rapidamente), ma studiare dove va la ricerca, con quali problemi e con quali risultati. Vuole essere una enciclopedia di idee, di concetti e di problemi. Una enciclopedia di orientamento, che aiuta a leggere e a capire.

Come è fatta

L'Enciclopedia Einaudi ha sostituito alle migliaia di articoli dei dizionari enciclopedici un numero limitato di voci, circa seicento: altrettanti concetti-chiave, selezionati da una équipe di specialisti, e tutti cosí essenziali che ognuno di essi costituisce la matrice di una serie di sviluppi conoscitivi. Per esempio, la voce «materia» apre una serie di discorsi sul concetto di materia nelle scienze fisiche e naturali, come pure sulla sua estensione nella filosofia e nella storia, cioè il modo, materialistico o idealistico, di vedere il mondo. Questa voce rimanda ad altre strettamente collegate: «atomo e molecola», «vita», «scienza», ecc. Queste seicento voci sono altrettanti saggi di lunghezza variabile e costituiscono tutte insieme una rete di riferimenti che introducono il lettore alla conoscenza attiva del sapere contemporaneo. Di questa rete di rapporti e di connessioni, l'ultimo volume dell'Enciclopedia Einaudi offrirà le apposite chiavi, ma per rendere ancora piú agevole l'impiego dell'intera opera ogni voce è seguita da «rinvii ragionati», che indicano come proseguire la lettura in tutte le direzioni possibili.



I collaboratori

L'Enciclopedia Einaudi nasce dall'esperienza quarantennale di una casa editrice all'avanguardia del lavoro culturale. È diretta da Ruggiero Romano, che con Corrado Vivanti ha già curato la *Storia d'Italia*, e vi collaborano autorevoli studiosi italiani e stranieri. Particolarmente significativo è stato l'apporto degli antropologi francesi e inglesi, dei matematici francesi e sovietici, dei biologi americani, degli storici polacchi. È la prima volta che la cultura italiana, fondamentalmente umanistica, tenta di innestare sul proprio tronco culture straniere piú sviluppate sul piano delle scienze fisiche e su quello delle moderne scienze sociali. Per garantire la maggiore omogeneità alla trattazione, si è provveduto di regola ad affidare ad un autore, o a un gruppo di autori assai vicini tra loro, le voci che riguardano lo stesso argomento.

A chi è destinata

A tutti coloro che sono interessati ai fatti profondi della cultura, ai loro cambiamenti, al loro farsi e disfarsi. Ai lettori che hanno decretato il successo della *Storia d'Italia Einaudi*. A chi possiede già un buon dizionario enciclopedico, perché insegna a organizzare i dati di un sapere frammentato e disperso. L'Enciclopedia Einaudi risponde a bisogni di aggiornamento culturale non nozionistico, e di valutazione critica delle varie attività scientifiche. Vuole aiutare a leggere altri libri, anche quelli di argomento poco familiare al lettore non specialista.

Le matrici, i fili ideologici e culturali che sottendono le varie voci dell'Enciclopedia

Sono molteplici. Non si è cercato di conformarsi ad una sola ideologia, ma di accogliere i risultati che sembravano piú fecondi, espressi a partire da diverse posizioni teoriche ed anche politiche. Su un arco che va dal marxismo di certi antropologi francesi o degli economisti polacchi a certo liberalismo progressista, l'Enciclopedia Einaudi accoglie le correnti che hanno rappresentato le punte piú vive del dibattito culturale.

Per una conoscenza attiva del sapere

In un mondo quale quello contemporaneo in cui il sapere tradizionale è sottomesso a rudi prove e contestazioni, non è piú sostenibile il concetto di enciclopedia come semplice congerie di nozioni, né si può – riverniciando alla meglio il vecchio edificio – spacciare per nuovo quello che invece è e resta vecchio. Il vero problema è quello di presentare le strutture profonde del vecchio sapere (eliminandone tutto quello che è ormai caduco) e, insieme, il nuovo sapere ancora in gestazione, il suo reale significato e – soprattutto – le articolazioni che tengono insieme l'edificio delle nostre conoscenze e ne fanno un tutto.
In tal modo l'Enciclopedia Einaudi ha preferito abbandonare la strada della grande abbondanza dei temi (grande vanto di tutte le Enciclopedie esistenti) per presentare, invece, una scelta limitatissima (circa seicento) di concetti fondamentali intorno ai quali è possibile costruire sistematicamente la rete, le reti del sapere moderno. Non si tratta di far del nuovo a qualsiasi costo: il nuovo – ad ogni osservatore attento – è quasi imposto dall'affermazione di dottrine, teorie, argomentazioni che la cultura mondiale è venuta elaborando in questi ultimi anni. Poiché è incontestabile che – sia pur tolta la parte di mode superficiali, di confuse elucubrazioni, di vuote argomentazioni – una grande, nuova, apertura culturale si è venuta recentemente affermando.
Inoltre, questa Enciclopedia vuole andare – nel trattamento delle voci – al di là della semplice interdisciplinarietà (concetto che da qualche anno mostra tutti i suoi limiti) per giungere alla metadisciplinarietà: alla indicazione, cioè, della logica che sottende i vari concetti e che migra dall'uno all'altro e che li penetra ed avvolge reciprocamente.
Un'impresa difficile nella sua fase creativa e che richiede del pari una viva adesione del lettore il quale è invitato, stimolato, a capire partecipando e non semplicemente ad apprendere.

Ruggiero Romano

From Inorganic Matter to Living Forms:

Theoretical Foundations and Physical, Chemical and Biological Aspects

A meeting with the authors of the Enciclopedia Einaudi held at the Istituto Italiano di Cultura, 50, rue de Varenne, Paris, 17th-18th February 1978

Participants:

MM. Ilya Prigogine - René Thom - Antoine Danchin - Pierre Delattre Bruno de Finetti - Albert Goldbeter - Maurice Gueron - Alfonso M. Liquori Grégoire Nicolis - Jean Petitot - Massimo Piattelli-Palmarini Michel Serres - Giuliano Toraldo di Francia - John Turner - Livio Gratton Ludwig Arnold - Giorgio Prodi - Gerard Toulouse - Malek Mansour

In the rooms of the Istituto Italiano di Cultura, at number 50 rue de Varenne, on Friday the 17th and Saturday the 18th: Professor Ilya Prigogine, 1977 Nobel prize winner for Chemistry, is surrounded by distinguished specialists and scientists from France, Belgium, Germany and Italy. Amongst them is René Thom, founder of the much discussed theory of catastrophes, and pupils of Jacques Monod, the famous biologist of *The Chance and Necessity*. The initiative, promoted by the publisher Einaudi (to celebrate the second volume of his Enciclopedia), is ambitious: to bring about a comparison of ideas, conceptions, methods, elaborations — exploring the possibilities of meeting points or defining the picture of insuperable incompatibilities — on the part of some of the scientists who have gone furthest in the fascinating but mysterious research into the origin of life.

The subject of the meeting which involves the participation of Prigogine, Thom, biologists of the Monod school, physicists, chemists, epistemologists, is without a doubt extremely abstruse for the non-specialist — « The order that derives from fluctuations: theoretical aspects, physical, chemical and biological applications » — does in fact conceal, in the problema areas it touches on and in the debates and polemics to which it gives rise, one fundamental question which has survived centuries of philosophical speculation and empirical research, naturalists discoveries and the age of Enlightenment as well as all the most sophisticated modern interdisciplinary methodologies which have all led to the widening of the network of knowledge about how living matter works and to the construction of models which reproduce what exists with dazzling perfection.

« How can what is begin to be? ». This is the question Permenides of Elea asked in the fifth century before Christ. It is one which can be traced back throughout the

course of history, weaving its way between metaphysics and physics, between pantheism and naturalism, between theology and science, between alchemy and chemistry, from Aristotle to Bacon, from Descartes to Diderot, from Spallanzani to Hegel, from the biologists to the mathematicians, from the circular theories and transmutations of the alchemists to the rules for producing life *ex putri*, inspiring popular mottos such as the Venetian proverb « *tuto va e vien, e gnente se mantien* » (all comes and goes and nothing remains), or stimulating literary representations like Calvino's *Qfwfq* who « was there » at the beginning of life, to reappear in the modern definitions of Prigogine, Monod and Thom.

The question today seems to be as follows: which is the process that determines the passage of change from non-living to living? The accumulation of information, of experiments and knowledge has been unable to throw light on this point; we know and we can reproduce the 'non living', we know and we can reproduce the 'living', but we neither know nor are able to reproduce the passage from one state of matter to the other, that process which the theological vulgate has defined as 'creation'. The problem has attracted a series of ingenious hypotheses, of theoretical work, in which the links are strengthened and increased between science and philosophy — in particular between biology, mathematics, logic, epistemology, that is, if a distinction can still be made between scientific and philosophical disciplines — and in which modern science seems to display similarities with the past.

Ilya Prigogine and his collaborators at the 'Bruxelles School' claim to have found the theoretical model of the intermediate structure between non-living and living. This structure, by means of the external environmental stimuli, tends to make its own internal organization more complex. Life is supposed to be the result of this increased organization. In Prigogine's terminology, the intermediate stage between non-living and living takes the name of « dissipative structure », since it dissipates the material, energetic and information inputs which are taken from the environment.

Working on the basis of the theory of the dissipative structure, Ilya Prigogine has built some mathematical models which make particular use of studies in the thermodynamics of irreversable processes: chemical reactions and phase changes, from the solid state to the liquid state; but which have also been used for interpreting very different phenomena: for example the process of the formation of a city and the aggregation of an organized spatial form of people and materials. Is this not just as much a passage from 'non-existent' to 'existent'?
Prigogine is challenged by Jacques Monod and the molecular biologists. These latter deny that the self-organization of a dissipative structure can be a sufficient condition for determining the passage to life: they anchor life to the biological order, to the world of the great biological molecules, to their individuality, to what is called the 'genetic programme'. Under the fire of their objections, thermodynamics appears as the law of statistics, of the great numbers which are repeated in the myriads of interactions which take place in matter, rather than the origin of real events.

The dissipative structure is 'chance', molecular biology is 'necessity', to use the counterposition which has made Monod's name so famous. Thus, by way of example, the chaotic stirring up of a pile of stones may produce a certain number of times a round headed arch, but it remains to be shown that it can give us a copy of the Pantheon. Coming back to biology, without the aid of a genetic programme (architectural programme), it is not possible to obtain a given protein (the copy of the Pantheon): biological order is not just any old order, but a purposeful order.

In this challenge at the frontiers of science, between mathematical models and molecular models, between the order of the fluctuations (which are self-organized in the dissipative structures) and the biological order (which is the result of a precise genetic project), René Thom's theory of catastrophes, which has so stirred up the international scientific world and unleashed the most polemical and controversial judgements, takes its place more as a provocation than as a meditation: ingenious according to some, to be thrown out according to others — but all are alike in recognizing its author's great mathematical mastery.

Just what does Thom maintain? That every morphogenetic process, be it that of an embryo or a cloud, is always the fruit of a conflict (catastrophe) between external forces and internal ties; for example between a real space, like the visible structure of the embryo, and what is called a control space, like the sequences of the genetic code. A geographic image: deep valleys with universal characteristics (elementary catastrophes) among which the living forms make their way, changing qualitatively according to the minimal differences of interpretration they meet with as they go.

In fact the very item 'catastrophe' in the Enciclopedia Einaudi recalls the Hegelian theory according to which for every progress in quantity there is a corresponding change in quality. It is a field which is rich in references to the past, in echoes, analogies, futuristic flights of fancy, which the various specialists will do their best to come to terms with, as they participate in the debate at the istituto Italiano di Cultura, organized with the collaboration of Massimo Piatelli Palmarini, biophysicist and director of the Centre Royaumont pour une Science pour l'Homme, and by Professor Ilya Prigogine himself.
Bearing in mind the weight that the models in discussion have today or could have in the future, not only in the field of biology, of genetics and on man's thought, but also on the social sciences and their applications, it is immediately clear that there is an ever widening circle of intellectuals involved in the debate.

Scienza e ricerca

Dalla relazione tenuta durante il dibattito su "Scienza e Società" nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano

Como, 28 Maggio 1977

VINCENZO CAPPELLETTI
Direttore generale dell'Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma

Con l'inizio della seconda guerra mondiale, nell'estate del 1939, giungeva a conclusione una fase storica dei rapporti tra scienza e società. Essa aveva tratto origine da un duplice fenomeno: l'apporto dell'invenzione tecnica alla prima rivoluzione industriale, in Inghilterra, e la politica scolastica del Termidoro, in Francia. Le due radici del processo che si sarebbe concluso negli anni quaranta del nostro secolo erano tra loro disomogenee. In Inghilterra, la macchina a vapore e la produzione di ghisa mediante il puddellaggio rappresentarono novità inventive: ultimi frutti cospicui di una sagacia ancorata all'esperienza comune, e di un senso pratico, nel quale Galilei frequentatore dell'arsenale di Venezia aveva riconosciuto la virtualità del principio scientifico, ma altri vedevano l'opposto o il surrogato della scientificità. Invece nella Francia assediata dalle potenze legittimistiche era avvenuto qualcosa di diverso con la nascita dell'*Ecole polytechnique*. I contestatori alla Marat, peggiori del 'ciarlatanesimo accademico' da loro combattuto, avevano mandato alla ghigliottina la testa di Lavoisier, il fondatore della chimica moderna: talché le forze di una scienza seria e giovane approfittarono della svolta moderata che seguì al Terrore per impostare le linee di una politica scolastica culminata, appunto, nel Politecnico di Parigi. La novità del Politecnico fu di ordine pedagogico e sociale. Era istituito un triennio, poi biennio di studi propedeutici ad una professione, l'ingegneria, che acquistava un'importanza fondamentale: e venivano concessi la frequenza gratuita e un modesto stipendio ai vincitori del concorso di ammissione. Ormai tramite tra scienza e vita sociale erano la matematica e la geometria: Gaspard Monge, anima dell'*Ecole polytechnique*, è anche il fondatore della geometria descrittiva, una disciplina che egli concepì in funzione di accordo fra assiomatica e prassi. Dalla nuova scuola sarebbero usciti i due terzi della scienza francese dell'Ottocento e, con il Comte, un eminente filosofo: non solo, ma attraverso l'ambasceria ufficiosa di Alessandro di Humboldt, Parigi avrebbe influito su Berlino, promuovendo nella roccaforte universitaria dell'idealismo romantico il trapasso dalla stagione speculativa alla scientifica. Dall'esterno dell'università tradizionale — prevalentemente almeno — in Francia, dall'interno in Germania, la scienza fisico-matematica agì sulle tecniche, trasformandole in tecnologia. Qui non è possibile, e non interessa,

analizzare nei dettagli la fase storica dei rapporti tra scienza e società, finita, ripetiamo, con l'inizio dell'ultimo conflitto mondiale: basti fissare che essa fu caratterizzata dall'influenza complementare o antitetica della tensione inventiva e dello sviluppo tecnologico.
Poi, tutto è cambiato: il rapporto della scienza con la società è diventato *totale*. Di recente, il carteggio tra due protagonisti della scienza contemporanea, Einstein e Born, ha portato dinnanzi a noi gli anni del trapasso da una fase all'altra, vorrei dire da un mondo all'altro, con un'immediatezza particolare. Se ne desume qualcosa di molto importante. Il terzo e quarto decennio del nostro secolo acquisirono le prove di assiomi scientifici in aperto contrasto con il senso comune. Il rapporto tra scienza ed esperienza, o, meglio, tra scienza e prassi, cessò di essere pacifico, per diventare competitivo, dialettico. Ormai, solo remore sociali — nel duplice senso della non disponibilità di certe forze o classi a perseguire certi obiettivi, e del rifiuto tradizionalistico di considerare la ricerca come un valore — impedivano alla scienza di esprimere tutta la propria ricchezza, problematica e pratica. La guerra provvide a rimuovere entrambi gli ostacoli.

La scienza che informa di sé la società contemporanea non è un empirismo frammentario e neppure la 'gaia scienza' di Nietzsche, ma un'assiomatica rigorosa di una sperimentazione in continuo progresso, rispetto alla quale vi sono due soli atteggiamenti che valgano: il possesso dei fondamenti logico-ontologici, e la disponibilità a crescere su se stessi, pensando e imparando. Ad est, troviamo la positiva esperienza didattica dell'università sovietica: severa nell'ammettere, ancor più severa nel conservare lo studente entro i propri ranghi. Meno esposta dell'Accademia delle Scienze ai rischi dell'"arcipelago Gulag', l'università russa ha preferito gestire il compito della preparazione d'una seria classe professionale, lasciando di fatto all'Accademia gran parte della ricerca scientifica, che nominalmente compete anche agl'Istituti d'insegnamento superiore — università e politecnici — e ad altre istituzioni specializzate, dipendenti dai Ministeri industriali. Il primo reattore nucleare americano fu costruito nell'Università di Chicago, il primo reattore sovietico uscì da un laboratorio accademico. È una scelta, quella sovietica, che non può essere la nostra, per le diverse tradizioni universitarie e accademiche in Italia, ma che ha il vantaggio della coerenza. Un professore universitario sovietico insegna diciotto ore settimanali per quaranta settimane; egli contribuisce a produrre eccellenti quadri tecnologici, deve provvedere all'aggiornamento di se stesso — come i *tutors* di Oxford e Cambridge — ma sarebbe un mediocre ricercatore. Il tramite fra scienza, anzi ricerca, e professione è uno dei grandi problemi della modellistica sociale e universitaria, in tutto il mondo; e non v'è dubbio che anche dove l'università è rimasta sede della scientificità pura, secondo la tradizione medievale rinverdita dall'idealismo romantico, al suo interno s'è prodotta una gerarchia di momenti e funzioni, che l'università italiana dovrà, crediamo, mediare e at-

tuare. Esiste ormai dovunque una classe di trasmettitori di scienza ai futuri professionisti, che vivono una loro attiva e stimolante vicenda, teorica e pratica: i Politecnici inglesi, nati da precise stime dei fabbisogni di quadri operativi professionali, non hanno esitato a rinnegare le formule del pieno tempo e del divieto di applicazione professionale, per favorire una pratica della professione che diveniva una necessità per i suoi docenti. L'*Open University*, accolta con diffidenza, s'è dimostrata un efficace mezzo di recupero e d'inserimento nell'istruzione superiore: assieme a certe esperienze americane di circuiti televisivi regionali ad uso universitario, essa costituisce un primo, serio sforzo d'inserire la scuola superiore nella 'galassia elettromagnetica', e di avviare una larga mobilitazione di capacità, di volontà, d'intelligenze al servizio dello sviluppo. Uno stesso fenomeno pervade, dunque, l'altra scuola professionale tedesca, la seconda università inglese e l'università americana: l'apertura a nuove convergenze disciplinari. È facile, e del pari erroneo, concepire il rapporto tra scienza e vita sociale come attivo per la prima e passivo per la seconda. Lo sviluppo, la natura vista come sistema in genere — e come 'ecosistema' in particolare —, lo stesso rapporto pedagogico in quella perenne contestazione che mette di fronte la virtualità del pensiero e il dato della cultura, sono occasioni di crescita per la scienza. Da parte sua, la scienza è bisogno di ordine e di sistematicità, che si esplica in una duplice tensione: fondamentale e progettuale. A considerare il panorama scientifico del Novecento fino alla metà del secolo, la tensione verso i fondamenti era massima nella psicologia e nella matematica, mentre quella verso il progetto dominava nella cibernetica. Ma il progetto, per garantire la propria unità interna e le convergenze che lo costituiscono, suscita il problema logico delle analogie, dei modelli, e dunque una ricerca fondamentale di livello profondo. Tra Harvard, Princeton e Boston l'università americana ha maturato dal 1930 ad oggi l'esperienza multidisciplinare ed interdisciplinare con una originalità attestata dalla cibernetica e dall'analisi dei sistemi. Al di là di ogni scoperta è questo, crediamo, il suo massimo contributo alla cultura, alla pedagogia, al rapporto tra scienza e società nel mondo contemporaneo. La vecchia estraneità d'una scienza all'altra, le vecchie controversie sulle *Auflösungen* dell'una nell'altra disciplina sono lontane come un ricordo o un incubo da questa scuola e da questa ricerca, avvicinate alla vita da un profondo sforzo di comprensione, di responsabilità, dal riconoscimento di quest'errore esiziale del meccanicismo e del positivismo scientifici, che è stata la messa tra parentesi dell'organicità della natura, delle sue diverse forze e, perché no, dei suoi enigmi. L'università contemporanea resta una matrice di storia intellettuale e sociale, in quanto tramite fra società e scienza. Ma per questo ha compiuto, e deve compiere, nell'Europa occidentale come in Russia e in America, scelte coraggiose. La politica scolastica di oggi, non dimentichiamolo, si ripercuoterà sull'ultimo quarto di secolo. Eppure vi sarebbero tanti obiettivi nuovi da proporsi: poiché correlare l'offerta d'istruzione al programma economico va bene, se il programma è bene impostato.

C'è la lotta della scienza contro la fame: una prospettiva grandiosa, donde si colgono divari fra razionalità e realtà, che ci riportano indietro di due secoli, all'incipiente tecnologia, al tramonto dell'invenzione prescientifica. Ci sono problemi teorici, collegati con il fatto — citiamo da *La science contre la faim* di M. Chouard — che la « fisiologia della crescita e dello sviluppo vegetali è ancora ai primi balbettamenti »; c'è una nuova scienza, l'economia alimentare, da porre su basi rigorose; ci sono progetti grandiosi di culture idroponiche o in serra, di circuiti produzione-consumo che attendono d'essere definiti e attuati. Gli studi sull'energia da fusione nucleare, la lotta contro la fame, la formula nuova dello sviluppo, la ricerca interdisciplinare nella sua duplice proiezione, istituzionale e progettistica — possono restituire alla società e alla sua scuola, non soltanto in Italia, il senso di lavorare sulla frontiera del progresso.

La scuola è anch'essa un sistema, e l'università ne costituisce un punto ben individuato: punto, che diventa un nesso fondamentale tra società e scienza. Ma il sistema scolastico ci appare, per altro verso, indefinito e ubiquitario come il sistema scientifico. La nostra è una società che va trasformandosi tutta quanta in scuola, per raggiungere ovunque il livello scientifico, che condiziona a sua volta il passaggio dalla fatalità al progetto della vita. Anche il rapporto fra scienza e industria dev'essere visto alla luce del rapporto tra scienza e scuola. Il suo asse non va soltanto dall'invenzione all'innovazione e diffusione di quest'ultima, ma attraversa il costume e la cultura. L'impresa supera lo schema dell'*homo oeconomicus* nella sua dimensione creativa, che si prolunga nel tempo e si esprime nel cambiamento delle tecniche di gestione, dei processi produttivi e dai rapporti umani. Il gestire e il produrre sono coinvolti entrambi dalla razionalità della scienza contemporanea: e l'impresa viene a porsi come il laboratorio di una scuola che solo in piccola parte l'ha preceduta, e che invece deve seguirla, capirla, orientarla attraverso le tecnologie specifiche, ma anche la teoria dell'informazione, la psicologia, la sociologia, il diritto. Ancor più del produrre, il gestire è cultura, consapevolezza, presenza nel proprio tempo; è un potente fattore di attuazione della produttività potenziale, e può comportare bassi costi additivi. È difficile, anzi impossibile stimare la potenzialità operativa di un determinato settore della scienza teorica: ma essa è senza dubbio altissima, molto più alta di quanto si desume dalla sfera applicativa corrispondente. Tale sfera è costituita, ripetiamo, di invenzioni, ma anche di innovazioni e di diffusioni: e i due momenti ultimi, in particolare la diffusione del procedimento nuovo, dipendono dalla cultura incorporata nell'industria, dall'essere gl'imprenditori informati, aggiornati e disposti a tentare. Così concepita, la cultura dell'industria interviene nel rapporto tra 'ricerca e sviluppo' e produttività: e comprendiamo perché il divario tecnologico tra l'Europa e gli Stati Uniti sia apparso alla luce di serie analisi come un fatto organizzativo e volitivo. C'è ancora immensamente da fare, partendo da quanto sappiamo, non da quanto sapremo. Di una dimensione creativa che oggi soltanto il rapporto con la scienza e la scuola può darle, l'azienda ha anche bisogno

per diventare cosciente della sua presenza nella vita; per appartenere a un sistema produttivo inserito nella società ma anche nella natura; per promuovere, di fronte allo spossessamento del bene prodotto dal lavoratore, una reintegrazione di quest'ultimo con qualcosa di più alto e di più umano del salario. Le prospettive sono davvero immense. Il viaggiatore è colpito, oggi, dal cielo pulito della Ruhr e dalla scomparsa delle ciminiere dai suoi opifici: ciò che colà è stato fatto per impedire gli inquinamenti e ripristinare l'ambiente naturale ha un profondo significato, anche per risolvere quel dilemma tra progresso e catastrofe, dinanzi al quale ci hanno messo futurologi e sistemisti. Per altri motivi è esemplare il corso di laurea in ecologia umana istituito nel '75 dalla Cornell University: esemplare nella sua mediazione tra storiografia, sociologia e scienza. Ancora una volta percepiamo la duttile e tempestiva presenza nella società di una scuola universitaria, che nel caso dell'università americana paga il prezzo delle sue innovazioni con il libero mercato dei titoli di studio che rilascia. Non devono esserci dubbi, peraltro, sulla presenza di un universale bisogno di cultura, oggi: nella stessa New York troviamo due nuove Università, la City e la State University, a numero aperto, con elenchi di studenti la cui lettura è di estremo interesso sociologico, per l'alta percentuale di giovani provenienti dalle minoranze della società americana: è l'Open University inglese, unita al College.

Vista come cultura, ed è inevitabile vederla così, la scienza si spinge ben oltre il momento produttivo, per connotare l'autocoscienza medesima dell'uomo d'oggi, la sua ricerca di un senso della vita e di rapporti sociali proficui alla crescita della persona e delle comunità. Vecchie contrapposizioni dell'elemento scientifico a quello umanistico sono cadute nella cultura come nel dinamismo della conoscenza applicativa, che rimanda ad orizzonti più vasti: alla natura e ai valori.
Sembra venuto il momento di guardare a questi problemi con radicalità e con responsabilità, sapendo di non avere gli Unni alle calcagne, per dirla con Luigi Einaudi. Con calma occorre soffermarsi sul rapporto tra scienza e scuola, e nella prospettiva di una riforma dell'università italiana, garantire a quest'ultima un ultimo livello, fondato soltanto sul merito, che possa ospitare la ricerca fondamentale. Occorre coordinare i grandi programmi di ricerca orientata, spendere bene quel che si spende, e a tal fine potenziare la forma del contratto di ricerca che, subordinatamente all'esistenza di orientamenti e di finalità sanciti in sede politica, si è rivelata preziosa negli Stati Uniti, in Germania, in Francia. Occorre ricordare al mondo produttivo l'esistenza di una pluralità di livelli, dalla razionalità all'informazione, dall'imitazione all'innovazione autonoma, sui quali si misura, prima della sua validità operativa, la sua maturità e il suo diritto ad avere un futuro. Occorre incitare e favorire la munificenza privata a favore di programmi individuali di ricerca, che sono fuori degli orientamenti finalizzati di oggi, e potrebbero rappresentare il domani della scienza, per uno di quei paradossi di cui è piena la storia del pen-

siero scientifico. La scienza, corre qui l'occasione di ricordarlo, dev'essere sostanzialmente e profondamente libera: ed è dovere civile garantire questa libertà anche nella forma della sopravvivenza di quel che sembra inutile. Occorre trovare un equilibrio, e si può, tra la scienza gestita dagli scienziati e la scienza amministrata dai politici. Fondamento di questo equilibrio sembra essere la duplicità di ricerca fondamentale universitaria e di ricerca orientata, con relative strutture e relative proiezioni politiche, preferibilmente — per l'Italia — in due distinti dicasteri. Occorre non dimenticare l'Europa mentre si parla di scienza, non per delegare all'Europa le proprie colpevoli omissioni e utopie, ma per ritrovare lo slancio e la concretezza da cui nacque il CERN di Ginevra, cioè il più grande laboratorio del mondo nel campo della fisica subnucleare. Occorre spendere di più, a condizione che si spenda bene. E dal costume della scienza, che è dialettica e confronto a ogni passo, occorre infine desumere, per sempre, il rifiuto di intolleranze e di esclusivismi, ora politici ora ideologici, che negli ultimi quaranta anni sono costati alla scienza italiana la perdita di interi gruppi di lavoro e di competenze fondamentali, dalla fisica alla genetica. Scienza, storicità e sviluppo sono strettamente congiunti nella realtà politica della società italiana. Il vero rapporto è quello tra ricerca e vocazione creativa, non quello, sterilmente polemico, tra ricerca e tradizione culturale. Sulla frontiera di impegno, di moralità, di progresso che possiamo indicare a noi stessi e ai più giovani di noi, la ricerca occupa un fondamentale rilievo, se vista nella duplice proiezione, produttiva e culturale. I limiti dello sviluppo, ipotetici sebbene probabili in sede materiale, non toccano la realtà della ricerca, fatta di ordine conoscitivo e di rapporti strutturali tra individuo, società e mondo.

V. C.

Science and Research

From the paper read at the Debate on "Science and Society" on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Como, 28 May 1977

VINCENZO CAPPELLETTI
General Director of the Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma

The outbreak of the second world war, in the summer of 1939, brought to a close one of the phases in the history of relations between science and society. It had had its origin in a two-fold phenomenon: the contribution of technical invention to the beginnings of the industrial revolution, in England, and the educational policies of Termidoro in France. The two roots of the process which was to come to an end in the 'forties of the present century were not of a like nature. In England, the steam engine and the production of cast iron by puddling represented new inventions: the weighty final fruits of a shrewdness anchored in everyday experience and of a sense of practicality, in which Galilei, as he visited the Venetian dockyard, had recognized the virtuality of scientific principles, whereas others saw in it the opposite or the surrogate of scientificity. In France on the other hand, besieged by legitimistic powers, something different had happened with the birth of the *Ecole polytechnique*. The Marat-type opponents, who were worse than the 'academic charlatanism' they were contesting, had had Lavoisier beheaded at the guillotine, Lavoisier who was the founder of modern chemistry: so that those struggling to uphold a young and serious science took advantage of the moderate turn that set in after the Terror in order to establish the guidelines of an educational policy which culminated in the above-mentioned Paris Polytechnic. The innovations in the Polytechnic were of a pedagogical and social order. A triennium was instituted, later a biennium, of vocational studies leading towards a profession, engineering, which came to be of a fundamental importance: no attendance fees were demanded and a modest stipend was granted to the winners of the entry examinations. By this stage, mathematics and geometry had become the intermediary between science and the life of society: Gaspard Monge, the heart and soul of the *Ecole polytechnique*, was also the founder of descriptive geometry, a discipline which he conceived of as a means to relate axiomatics and practice. Two-thirds of the exponents of French science of the nineteenth century were to graduate from the new school, as well as an eminent philosopher, Comte: furthermore, through the informal embassy of Alexander von Humboldt, Paris was to influence Berlin, promoting the transition from the age of speculation to the age of science in the university stronghold of romantic idealism. From outside the traditional university — for the most part, anyway, — in France, from the inside in Germany, the physico-mathematical sciences acted upon technical applications, transforming them into technology. It is not possible here, nor is it of interest, to analyze in a detailed manner the historical phase of the relations between science and society which came to an end, we repeat, with the outbreak of the last world war: suffice it to say that it was characterized by the complementary and antithetical influence of inventive tension and technological development.

Then, everything changed: the relation be-

tween science and society became *total*. In recent times, the pile of correspondence between two foremost exponents of contemporary science, Einstein and Born, has brought before our eyes the years of transition from one phase to another, or even, one might almost say, from one world to another. From this there emerges an extremely important consideration. The third and fourth decades of our century saw the acquisition of the proofs of scientific axioms that were in open contrast with common sense. The relation between science and experience, or rather between science and practice, ceased to be a peaceful one and became competitive, dialectical. Now only social hindrances — in the double sense of the unavailability of certain forces or classes for pursuing certain objectives, and of the traditionalistic refusal to consider research as a value — prevented science from expressing the full extent of its richness, problematicity and practicality. The war saw to it that both obstacles were removed.

The science which pervades contemporary society is no fragmentary empiricism nor is it Nietzsche's 'merry science', but a rigorous axiomatics of continually progressing experimentation, in respect of which only two valid positions can be taken up: the possession of logico-ontological foundations, and the willingness to outgrow one's limits, by thinking and learning. In the East, one finds the positive didactic experience of the Soviet university: strict in its entrance conditions and even stricter in retaining the student within its ranks. Less exposed than the Academy of Sciences to the 'Gulag Archipelago' risks, the Russian University has preferred to look after the training of a serious professional class, to all effects and purposes leaving the greater part of scientific research to the Academy, although nominally research activity is also one of the tasks of the Institutes of higher education — universities and polytechnics — and other specialized institutions dependent on the industrial Ministries. The first American nuclear reactor was built at the University of Chicago, the first Soviet reactor was the product of an academic laboratory. The Soviet choice is a choice that cannot be ours, on account of the different university and academic traditions in Italy, but it is one that has the advantage of consistency. A Soviet University professor teaches eighteen hours a week for forty weeks; he contributes to the formation of excellent technological cadres; he has to keep abreast of new developments in his field, like the Oxford and Cambridge tutors, but he would be a mediocre researcher. The interface between science, *alias* research, and profession is one of the great problems in social and university model theory throughout the world; and there can be no doubt that even where the university has remained the home of pure science, according to the refurbished medieval tradition of romantic idealism, within it a hierarchy of moments and functions has come to exist which in our opinion the Italian university will have to mediate and carry out. Nowadays there is a ubiquitous class of transmittors of science to future professional people whose activities are lively and stimulating both on the theoretical and the practical plane: the English Polytechnics, created as a result of specific estimations of the demand for operative professional cadres, have not hesitated to renounce full-time teaching requirements and the prohibition against professional application in order to encourage the practice of a profession which was becoming a pressing need for the teachers. The *Open University*, received with skepticism at first, has shown itself to function efficiently as a means of raising educational levels and imparting higher education: together with various American experiments with regional television circuits used by University Extensions, it forms the first serious attempt to forge a place for higher education in the 'electromagnetic galaxy' and to harness a wide array of abilities, determination and intelligence in order to further the cause of developments. Thus one and the same phenomenon pervades the German professional high school, the second

English university and the American university: the opening towards new disciplinary convergences. It is easy, but by the same token mistaken, to conceive of the relation between science and the life of society as an active one for the former and a passive one for the latter. Development, nature seen overall as a system — and more specifically as an 'ecosystem' — ,the pedagogical relationship itself in that perpetual conflict where the virtuality of thought faces the facts of cultural background: for science, these are all opportunities for growth. Science, in fact, is the need for order and systematicity, which finds expression in a two-fold tension: partly concerned with foundations and partly project-related. Taking first of all the scientific panorama of the twentieth century up to the middle of the century, the tension towards foundations was at its most intense in psychology and mathematics, while that towards projects dominated in cybernetics. But in order to guarantee its own internal unity and the convergences of which it is comprised, the project raises the logical problem of analogies, models and hence of fundamental research at a deep level. At Harvard, Princeton and Boston from 1930 up to the present day the American university has been developing a multidisciplinary and interdisciplinary approach with an originality that is testified by cybernetics and systems analysis. Above and beyond all discoveries, it is this, we believe, that constitutes its greatest contribution to culture, to pedagogy, to the relation between science and society in the modern world. The old unrelatedness of one science to another, the old controversies concerning the *Auflösungen* of one discipline in another are mere distant memories or far-away nightmares for this school and this kind of research, which are drawn close to life by a deep striving towards comprehension and responsibility, by the recognition of the deadly error of scientific mechanicism and positivism that was the disregard for the organicness of nature, of its various forces and, one might even add, of its mysteries. The modern university remains a mainspring of intellectual and social history insofar as it mediates between society and science. But for this reason it has made and must make bold choices both in Western Europe as also in Russia and in America. Today's educational policy, let us not forget, will affect the last quarter of the century. And yet there are so many new objectives that one could set oneself: for linking the educational possibilities to the economic programme is all right, if the programme has been worked out satisfactorily.

There is the battle of science against hunger: a grandiose prospect, from which one can glean discrepancies between rationality and reality that take one back to two centuries ago, to the beginnings of technology, to the last days of prescientific invention. There are theoretical problems, linked to the fact — we cite from *La science contre la faim* by M. Chouard — that the « physiology of vegetal growth and development is still in its infancy »; there is a new science, nutritional economics, waiting to be given a rigorous formulation; there are grandiose projects of hydroponic or greenhouse culture, of production-consumption circuits that await definition or actuation. Studies on the energy derived from nuclear fusion, the battle against hunger, the new formula of development, interdisciplinary research on the two-fold projection, institutional and project-related, — these can reawaken in society and in its organs and places of learning, and not just in Italy, the feeling of being at work on the frontiers of progress. School is a system too, and universities constitute a well-defined point within it. This point becomes a fundamental nexus linking society to science. But there is another sense in which the school system appears to us to be indefinite and ubiquitous like the scientific system. Ours is a society that is turning into one big school, reaching scientific level everywhere, and this in its turn conditions the change-over from fate to the project of life. The relation between science and industry must also be seen in the light of the relation between science and

school. Its axis does not go only from invention to innovation and to the diffusion of the latter, but also intersects customs and culture. The firm goes beyond the schema of *homo oeconomicus* in its creative dimension, which is drawn out over time and is expressed in the change of managerial techniques, of productive processes and human relations. Manageing and producing are both called to reckoning by the rationality of contemporary science: and the firm takes on the form of the laboratory of a school that has only minimally preceded it and that instead has to follow it, understand it and orientate it through the specific technologies, but also through information theory, psychology, sociology, law. Beyond just the question of production, manageing is cultural awareness, presence on the stage of one's own era; it is a powerful factor in the actuation of potential productivity, and it can involve low additional costs. It is difficult and perhaps impossible to estimate the operative potentiality of a given sector of theoretical science; but undoubtedly this potentiality is extremely high, much higher than the corresponding sphere of applications might lead one to believe. This sphere, we repeat, consists of inventions but also of innovations and diffusions: and the latter two factors, in particular the diffusion of a new procedure, depend on the extent to which industry has benefited from the overall rise in educational levels and on the *entrepreneurs'* having access to the necessary information, on their being up to date and willing to take risks. Seen in this light, industry's cultural role comes to the fore in the relation between 'research and development' and productivity: and one can understand why in-depth analyses showed the technological gap between Europe and the United States to be of an organizational and volitional nature. There is still a great deal to be done, starting from what we know, not from what we shall come to know. There is a creative dimension, derivable today only from the relation between science and education, that the firm needs especially in order to become aware of its presence on life's stage, in order to belong to a productive system whose place is within society but also within nature, to counter the worker's being dispossessed of the goods he produces by recompensing him with something higher and more human than a salary. The prospects are truly immense. A traveller is struck nowadays by the clean sky of the Ruhr and the disappearance of the chimneys of its factories: what has been done there to prevent pollution and to restore the natural environment has profound significance, and points the way towards resolution of the dilemma of progress versus catastrophe that futurologists and systems analysts depict so vividly. Turning to other aspects, the degree in Human Ecology established by Cornell University in 1975 is exemplary: it is the ideal intermediary between historiography, sociology and science. Once again we see the flexibility and timeliness of the presence in society of a university institution, which in the case of the American university pays the price of its innovations in the form of the free market of the degrees it confers. There can be no doubt, though, of the universal demand for education that exists in the present day and age; just in New York one finds two new colleges, the City University and the State University, neither of which have imposed quota restrictions on admissions. To read the list of enrolled students is of the utmost sociological interest on account of the high percentage of students from one or other of the minority cultures of the United States: it is the English Open University, united to the College.

Seen in the guise of education, and it is inevitable that it must be seen in this manner, science goes far beyond the production phase and comes to symbolize the very self-awareness of twentieth-century man, his search for the meaning of life and for social relations that are beneficial for personal growth and for the growth of the community. Old contrasts of scientific versus humanistic elements have fallen into disuse

within the educational sphere as also in the dynamism of applied knowledge, which points towards wider horizons: nature and values.

It seems that the moment has come to look at these problems radically and responsibly, knowing that we no longer have the Huns at our heels, as Luigi Einaudi put it. The relation between science and the school system must be considered carefully, and in view of the prospects for university reform in Italy, the Italian university system must be endowed with a highest level, based only on merit, which is capable of promoting fundamental research. Wide programmes of oriented research must be coordinated, what is spent must be spent well, and in order to achieve this end it is necessary to make a more extensive use of the type of research contract which has revealed itself to be precious in the United States, Germany and France when properly geared to orientations and aims agreed upon at a political level. The world of production must be reminded of the existence of a plurality of levels, from rationality to information, from imitation to independent innovation, at which its maturity and its right to a future rather than its operative validity is measured. Private donations in favour of individual research programmes must be solicited and encouraged, in order to ensure funding for projects that are beyond the current orientations and pursued objectives and could represent the science of tomorrow, through one of the paradoxes which are studded all over the history of scientific thought. Science, let us not forget, must be substantially and profoundly free, and it is one of our civil duties to guarantee this freedom even in the form of the survival of what may appear to be useless. It is necessary to find a balance, and this can be done, between science as carried out by scientists and science as administered by politicians. The foundations of this equilibrium would seem to be the double implementation of research as basic university research and oriented research, each with the appropriate structures and political projections, in two separate ministries. It is necessary, furthermore, not to forget about Europe while we are talking about science; certainly no-one intends to delegate to Europe his own guilty omissions, but we need to find our way back to the enthusiasm and the concreteness from which the CERN of Geneva was born, i.e. the largest laboratory in the world in the field of subnuclear physics. It is necessary to spend more, provided that the expenditures and funding are well planned. Finally, it is from the overall manner of being of science, dialectics and comparing or contrasting at every turn, that it is necessary to infer the everlasting rejection of intolerance and exclusivism, either political or ideological, which over the last forty years have cost Italian science the loss of whole research teams and highly qualified elements, from physics to genetics. Science, historicity and development are closely connected in the political reality of Italian society. The true relation is that between research and creative vocation, not the sterile polemic one between research and cultural tradition. Research stands out in sharp relief on the frontier of the sense of commitment, morality and progress that we can set as a goal for ourselves and those younger than us, if it is seen in its double projection, productive and cultural. The limits of development, hypothetical even though probable as far as the material world is concerned, do not touch the reality of research which is of a cognitive order and consists of structural relations between the individual, society and the world.

V. C.

Translation: R. Costa Barritt - Pisa

Decisioni su sistemi sociali con tecniche moderne

Relazione tenuta durante il dibattito su "Scienza e Società" nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano

Como, 28-29 Maggio 1977

ROBERTO VACCA
Membro del Club di Roma

Le decisioni che devono essere prese da un governo o da un'autorità internazionale in campo socio-economico, nel mondo attuale sono difficili e richiederebbero competenza contemporanea in molti campi: economia, sociologia, legge, tecnologia e industria. I fattori e le grandezze appartenenti a uno dei campi ora citati si influenzano, poi, mutuamente con fattori e grandezze appartenenti a molti altri campi. Per prendere decisioni adeguate a raggiungere certi fini, bisognerebbe disporre non solo di competenza in tutti i campi citati, ma anche avere a disposizione specialisti nelle interazioni fra questi campi. Questi specialisti notoriamente sono assenti. Le tecniche moderne che stanno sorgendo adesso tendono a creare specialisti di questo tipo e a formare una base di nozioni, di principi, di metodi, che possano essere impiegati per trattare una realtà complessa, caratterizzata da numeri di elementi molto grandi e dal fatto che molti elementi o gruppi al suo interno si influenzano gli uni con gli altri.
È difficile definire il campo di studio delle decisioni relative a grandi problemi che riguardano grandissimi numeri di persone. La caratteristica comune a tutti questi problemi è la complessità. Non esiste ancora una teoria adeguata a trattare i fenomeni, i processi e le decisioni relative — caratterizzati da complessità notevole.
Lo studio della complessità ha molti lati, tecniche e caratteristiche in comune con la ingegneria dei sistemi. Occorre notare che quanto più complicati sono i processi o i sistemi considerati, quanto maggiore è il numero di persone coinvolte, quanto più profonda è l'incidenza di elementi sociali ed umani — e non solo tecnici — tanto più importanti diventano alcune considerazioni, che è bene esaminare in maggiore dettaglio.

Le strutture e i processi complicati raramente si prestano ad essere sottoposti a calcoli o ad analisi formalizzate. È necessario, allora, ricorrere ad analisi discorsive o intuitive e — nel corso del loro svolgimento — assume importanza enorme il lavoro di squadra ed il continuo processo di critica e di revisione, cui va sottoposta ogni porzione del lavoro prodotta da alcuni specialisti membri del gruppo da parte di altri membri. Solo così si possono correggere tempestivamente errori o valutazioni inadeguate compiute dai partecipanti allo studio.

Spesso sono implicati numeri molto rilevanti di persone nel funzionamento dei sistemi tecnologici o socio-economici considerati come operatori e/o come utenti. La accettazione delle regole e la partecipazione nella definizione della struttura del sistema possono essere essenziali perché la situazione che ne consegue sia accettabile e per evitare incomprensioni e conflitti. La partecipazione dovrebbe comprendere: processi di istruzione; registrazione di preferenze o di voti a favore di certe soluzioni invece che di altre; contributi innovativi da parte della popolazione, che si è sottoposta volontariamente a tirocinii di addestramento; cooperazione operativa da parte del pubblico. Queste cooperazioni fra autorità, specialisti e pubblico, sia negli Stati Uniti, sia negli altri paesi occidentali, non si fanno sempre e non si fanno sempre bene. Nei paesi a controllo centrale dell'economia queste cooperazioni, partecipazioni e discussioni spesso non vengono neanche tentate e, se effettivamente sono necessarie, questi paesi — da questo punto di vista — sono più fragili di quelli occidentali. Non solo le tendenze autoritarie inibiscono la partecipazione democratica di un pubblico vasto. Infatti questa partecipazione presuppone uno sforzo da parte degli specialisti per spiegare al pubblico: quali conoscenze e teorie siano presupposti necessari agli interventi, quali siano le alternative possibili, quali siano le soluzioni da preferire e perché. In alcuni casi queste spiegazioni sono troppo difficili e lunghe. La necessaria rinuncia a programmi di popolarizzazione e partecipazione può, allora, essere interpretata falsamente come il risultato di una tendenza autoritaria invece che come la conseguenza di vincoli insiti nella situazione.

Jay W. Forrester ha sostenuto che in questi campi, in cui predomina la complessità, le soluzioni giuste dei problemi sono spesso controintuitive: quelle migliori appaiono a prima vista non plausibili e quelle che sembrano intuitivamente buone si rivelano pessime a un'analisi più accurata. Questa opinione di Forrester non va certo interpretata nel senso che ogni sòluzione di un problema complesso deve necessariamente apparire irragionevole a priori per essere buona. Sarebbe ragionevole parlare di spiegazioni non intuitive, piuttosto che controintuitive. Infatti possiamo sostenere che ogni volta che ricorriamo alla esecuzione di un calcolo seguiamo una procedura formale proprio perché non siamo in grado di intuire il risultato.

Anche il comportamento di sistemi complessi può essere calcolato purché sia possibile definire relazioni matematiche che lo definiscono. In alcuni casi ciò è possibile perché comprendiamo i meccanismi di dipendenza di certe variabili da altre e possiamo esprimerli per mezzo di formule. Allora le formule che istituiamo rappresentano effettivamente la realtà almeno fin quando altre variabili normalmente inattive non entrino in gioco. È questo il caso dei sistemi fisici — meccanici, idraulici, elettrici — il cui comportamento possa essere considerato deterministico.

Le cose si complicano quando i meccanismi di dipendenza di certe variabili da altre non sono noti, ma conosciamo solo serie storiche di valori assunti da tutte le variabili rilevanti in certi periodi di tempo. A parte la

precisione con cui i valori delle variabili sono stati misurati e registrati, in questi casi la conoscenza dell'intero processo sistemistico è peggiore e le equazioni che possono essere istituite hanno carattere empirico — in alcuni casi vengono espresse per mezzo di tabelle e non di relazioni formali. Jay W. Forrester del Massachusetts Institute of Technology ha realizzato negli anni sessanta una serie di tentativi, mettendo in formule e strutturando in modelli su calcolatore elettronico la dinamica di un sistema industriale, di un'intera città e, infine, dell'intero pianeta. Su quest'ultimo modello era basato lo studio sui limiti dello sviluppo, che costituì nel 1971 il primo rapporto al Club di Roma.

I modelli di Forrester considerano due classi di variabili: i livelli e i tassi.
I livelli misurano cumulativamente varie grandezze rappresentative del sistema. Nel caso di una città, ad esempio, sono livelli: la popolazione, il numero di abitazioni di un certo tipo, il numero di posti di lavoro disponibili, ecc. Nel caso del sistema planetario, sono livelli: la popolazione, il capitale totale investito in industria e in agricoltura, l'estensione delle terre arabili, le risorse naturali, l'inquinamento.
I tassi definiscono, invece, le variazioni nel tempo dei livelli: in aumento o in diminuzione. Nel caso di una città, interessano: i tassi di natalità e mortalità, quelli di immigrazione e di emigrazione, il numero di nuove abitazioni costruite al mese (o all'anno), ecc.
Ogni livello è influenzato da più tassi e ogni tasso, a sua volta, è funzione di vari livelli. I modelli dinamici di questo tipo funzionano su calcolatori elettronici con passi temporali della durata di un anno: a ogni passo i valori precedenti dei livelli si usano per determinare i nuovi valori dei tassi e questi vengono usati, quindi, per calcolare le variazioni dei livelli durante l'anno considerato.
Se i dati numerici di partenza, le condizioni iniziali e le dipendenze funzionali fra le diverse variabili fossero effettivamente noti con sicurezza e precisione, allora i modelli computerizzati costruibili su questa base potrebbero essere utilizzati per la previsione dell'avvenire. Dobbiamo chiederci, allora, se effettivamente le leggi di dipendenza che legano fra loro i parametri e i fattori che vengono considerati sono note con precisione e se queste previsioni sono realmente possibili e in che misura.
Un modo per controllare che le nostre ipotesi siano giuste potrebbe essere quello di accettare come dati di base solo quelli relativi a fatti verificatisi fino a un certo istante passato: per fissare le idee supponiamo di prendere dati di base relativi a un certo sistema socio-economico tratti dal periodo 1900-1950. Su questa base costruiamo una teoria e supponiamo che esistano certe dipendenze fra le grandezze che ci interessano. Usiamo, poi, teoria e dipendenze ipotetiche per prevedere il comportamento del sistema per i ventotto anni dal 1950 al 1978 — ignorando per il momento i dati storicamente noti relativi a questo periodo che in effetti è trascorso. A questo punto confrontiamo le previsioni fatte con il modello con gli eventi reali e noti dei 28 anni seguenti. Se constateremo una sostanziale difformità

fra le previsioni così fatte e la storia effettiva del sistema socio-economico, dovremo concludere che il modello non ha valore predittivo. Se, invece, le previsioni che il modello avrebbe fatto nel 1950 e la storia dopo il 1950 e fino all'epoca presente sostanzialmente coincidono, concluderemo che il modello avrebbe potuto essere usato nel 1950 per prevedere eventi fino al 1978. Anche in questo caso, però, non saremmo autorizzati a ritenere che il modello prevederà correttamente gli eventi futuri anche da ora in poi. Infatti esistono infinite funzioni, che approssimano certi dati sperimentali abbastanza fedelmente in un certo intervallo e se ne discostano, invece, fuori dall'intervallo stesso, in misura grande quanto si voglia. Inoltre non possiamo mai escludere l'insorgere in avvenire di fatti nuovi che modifichino profondamente la realtà e alterino il tipo o la stessa esistenza di relazioni mutue e fra diverse grandezze. Basta pensare all'eventualità dell'insorgere di conflitti armati, che cambino radicalmente le condizioni socio-economiche di un'intera regione del pianeta.

Possiamo alternativamente rinunciare ad ogni apparenza di capacità predittiva del modello, impiegandolo in modo da rendere esplicite le conseguenze di certe ipotesi chiaramente definite. Una o più delle grandezze che definiscono il comportamento del sistema possono essere considerate, cioè, come variabili esogene, i cui valori in funzione del tempo vengono fissati dall'esterno e che possono, perciò, influire su altre grandezze, mentre non ne sono a loro volta influenzate. Questo artificio toglie flessibilità al modello, ma può permettere di valutare le conseguenze di certe strategie politiche o economiche.

Mesarovič e Pestel, ad esempio, hanno congegnato il loro modello globale del sistema mondiale in modo che possa essere usato interattivamente da decisori governativi, i quali inseriscono nel modello — come variabili esogene — loro possibili strategie, constatandone le presumibili conseguenze a distanza di qualche anno e, a quel punto, eventualmente modificandole e sostituendole con altre. Ricorrere all'artificio di considerare alcune variabili come esogene, è inevitabile quando la base dei dati disponibili è insufficiente a riconoscere regolarità da cui astrarre relazioni formali fra le grandezze che definiscono il comportamento di un sistema. In questi casi la definizione di diversi andamenti alternativi delle variabili esogene — proiettati verso l'avvenire — equivale alla stesura di sceneggiature o copioni (il termine anglosassone è *scenario*) secondo i quali possiamo immaginare possibili decorsi futuri della realtà.

Quando decidiamo di realizzare un modello matematico dell'avvenire (di un'industria, di una regione o del mondo) dimostriamo implicitamente di credere in un certo determinismo. Anche nella ipotesi di un determinismo totale oltre un certo livello di complicazione non saremmo capaci di analizzare né di prevedere la realtà in modo quantitativo, specie se il tipo di fenomeni di cui ci occupiamo non si è mai verificato prima nella storia.

Ma procediamo dalla sfera delle previsioni a quella delle prescrizioni, cioè dei modi per progettare dall'esterno interventi sulla realtà.

Una considerazione ovvia è che ogni piano o programma non dovrebbe contenere scopi mutuamente contraddittori e dovrebbe, invece, essere caratterizzato da una struttura razionale. Eppure constatiamo spesso che i piani di intervento e le programmazioni fatti da specialisti sia in campo nazionale, sia in campo internazionale, non obbediscono affatto a questi dettami ovvii. Sarebbe meritevole ogni sforzo per portare ordine e coerenza in questa sfera di attività: John N. Warfield ha tentato di fare questo sforzo nel suo libro *Societal Systems - Planning, Policy and Complexity* (Sistemi sociali - pianificazione, politiche e complessità, edito da Wiley-Interscience, 1976). Ad esempio Warfield ha sottoposto a una critica metodica e istruttiva il documento prodotto dal Comitato delle Nazioni Unite per la Pianificazione dello Sviluppo nel 1970 per lanciare un secondo decennio dello sviluppo. Il documento era intitolato *Towards Accelerated Development* (Verso uno sviluppo accelerato) e conteneva ben 55 scopi da raggiungere: quelli più elevati erano, ad esempio, il soddisfacimento delle speranze dell'umanità, la comprensione delle relazioni mutue fra gli elementi dei processi di sviluppo, una diminuzione della tensione mondiale. Gli scopi più modesti (e più concreti) erano: la normalizzazione delle relazioni internazionali, diminuzione dei mali causati dall'urbanizzazione, fondazione di nuove città lontano dalle metropoli.
Warfield ha cercato di disporre tutti gli scopi indicati nel documento delle Nazioni Unite in un diagramma ramificato in cui ogni scopo che possa essere considerato come prerequisito al raggiungimento di un altro scopo più generale viene registrato in un blocco sito più in basso dell'altro e connesso all'altro con una linea. Tutti gli scopi risultavano connessi con almeno un altro scopo a livello più basso o più alto, per cui il documento sembra ricalcare almeno una struttura concettuale di riferimento. Appare meno soddisfacente l'integrità del documento quando si nota che:
— meno del 20% di tutti gli scopi indicati appare suscettibile di essere sottoposto a misure volte a valutare quanto lo scopo stesso sia stato raggiunto;
— la maggioranza degli scopi prefissi non viene giustificata con l'indicazione di chi dovrebbe occuparsi del raggiungimento ed esserne responsabile, di quali risorse dovrebbe impiegare, su quali procedure, metodologie o meccanismi basarsi, né dei tempi in cui il programma per il raggiungimento dello scopo dovrà essere svolto.
La struttura del documento delle Nazioni Unite è dunque in gran parte illusoria: troppi obiettivi non sono misurabili o sono troppo vaghi oppure non si indica come potrebbero essere raggiunti, né da chi, né quando. Per rendere le analisi più oggettive e significative, Warfield suggerisce anche tecniche più raffinate basate su procedure matematiche. Pur rimandando al libro di Warfield per una trattazione dettagliata di queste tecniche, vale la pena di fornire qui un esempio almeno dell'uso di matrici binarie di interazione.

Una volta scelte alcune categorie di considerazioni o di fattori rilevanti ai

fini di un progetto o di un intervento — ad esempio: obiettivi, risorse, vincoli, enti interessati, è interessante decidere quali elementi di una categoria interagiscano con quali elementi di un'altra categoria. Tutte le possibili interazioni possono essere descritte schematicamente per mezzo di una matrice, la quale è una tabella avente un numero di colonne uguale al numero degli elementi di una delle due categorie di fattori considerate e un numero di righe uguale al numero degli elementi dell'altra categoria. La matrice è binaria — cioè è composta da elementi che possono avere il valore *0* oppure il valore *1* — e registriamo all'incrocio fra una riga e una colonna il simbolo *1* per denotare che l'interazione fra l'elemento relativo alla riga e quello relativo alla colonna è significativa, registriamo il simbolo *0* per denotare che questa azione mutua non è significativa.

Consideriamo le possibili interazioni fra due soli obiettivi: O_1 = aumento della popolazione attiva; O_2 = diminuzione della quantità di petrolio greggio importata nell'unità di tempo; e tre possibili attività — di cui non discutiamo se siano necessarie, né sufficienti per raggiungere gli obiettivi, ma solo se presentino interazioni con essi. Le tre attività siano: A_1 = intrapresa di attività industriali e commerciali per la diffusione di unità ad energia solare; A_2 = attività di conservazione dell'energia; A_3 = = intrapresa di attività industriali e commerciali per la produzione e la diffusione di macchine atte a produrre energia per effetto dei salti idraulici prodotti dalle maree. Per quanto concerne quest'ultima attività, A_3, supponiamo che i macchinari di cui si parla possano essere prodotti in Italia ed esportati: anche se ciò può essere vero solo per una parte delle macchine facenti parte di un sistema per lo sfruttamento dell'energia delle maree.

La matrice di interazione fra obiettivi ed attività avrebbe, allora, l'aspetto seguente:

	O_1	O_2
A_1	1	1
A_2	0	1
A_3	1	0

I valori attribuiti agli elementi della matrice si giustificano con semplici ragionamenti. Infatti la prima attività, A_1, implica sia un maggiore impiego di mano d'opera, sia una diminuzione della domanda di energia che deve essere soddisfatta ricorrendo a idrocarburi di importazione. L'attività A_2 volta alla eliminazione di sprechi energetici, non avrebbe influenza sul numero di posti di lavoro disponibili, ma ridurrebbe le quantità di petrolio importato. Infine la terza attività creerebbe nuovi posti di lavoro, ma non potrebbe avere influenza sulle quantità di petrolio importato, perché gli impianti per sfruttare l'energia delle maree potrebbero essere solo esportati e non utilizzati in Italia, ove i salti idraulici corrispondenti sono troppo piccoli.

Vediamo ora che aspetto avrebbe una matrice di interazione fra i due

obiettivi già indicati e certi vincoli dei quali occorre tenere conto. Supponiamo di prendere in considerazione quattro vincoli: V_1 = condizione imposta che ogni intervento contribuisca ad aumentare il prodotto nazionale lordo; V_2 = condizione che ogni intervento non implichi una disponibilità di mano d'opera maggiore della forza di lavoro disponibile; V_3 = condizione che ogni intervento non richieda investimenti di capitali superiori a certe soglie; V_4 = condizione che gli obiettivi fissati non contribuiscano a far crescere l'inflazione.
Possiamo supporre che i due obiettivi O_1 e O_2 abbiano qualche influenza sui processi inflazionistici, mentre possiamo accettare l'ipotesi che ogni intervento volto a conseguire i due obiettivi non cozzi mai contro una carenza di mano d'opera — almeno nelle attuali condizioni di alta disoccupazione. Possiamo anche ritenere che l'obiettivo O_1 contribuisca a far crescere il prodotto nazionale lordo, mentre l'obiettivo O_2 non avrebbe influenza sul prodotto nazionale lordo. Infine possiamo ritenere che il vincolo relativo ai capitali disponibili sia significativo per quanto riguarda la diminuzione delle importazioni di greggio — in quanto vanno fatti investimenti allo scopo di trovare fonti di energia alternative — ma non sia significativo per quanto riguarda l'aumento dell'occupazione che si spera di conseguire sfruttando la capacità industriale non utilizzata, senza nuovi investimenti. In queste ipotesi la matrice di interazione fra obiettivi e vincoli ha l'aspetto seguente:

	V_1	V_2	V_3	V_4
O_1	1	0	0	1
O_2	0	0	1	1

Dobbiamo ora costruire una matrice di interazione fra attività e vincoli, che abbia quattro colonne e tre righe. Potremmo costruirla ragionando sulle influenze mutue fra vincoli e attività in modo simile a quello seguito nei due casi già visti. Però non potremmo escludere a priori di seguire in questo terzo caso ragionamenti che non siano logicamente congruenti con quelli seguiti nei due precedenti. Per esplicitare le indicazioni logiche già utilizzate nella costruzione delle due prime matrici possiamo calcolare la matrice di interazione vincoli-attività in funzione delle due precedenti, producendola come prodotto booleano di esse.
Gli elementi w della matrice prodotto si ottengono da quelli y della matrice attività-obiettivi e da quelli z della matrice obiettivi-vincoli per mezzo delle relazioni seguenti, in cui i prodotti sono booleani (eseguiti secondo le regole: $0.0 = 0$; $0.1 = 0$; $1.0 = 0$; $1.1 = 1$) e le somme sono booleane (eseguite secondo le regole: $0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1 + 0 = 1 + 1 = 1$). Come è facile convincersi, questo prodotto booleano fra matrici non esprime altro che la proprietà transitiva. La prima formula qui sotto significa che se A_1 e V_1 interagiscono ambedue con O_1 (o con O_2), allora interagiscono anche fra di loro.

$$
\begin{aligned}
w_{11} &= y_{11}\, z_{11} + y_{12}\, z_{21} \\
w_{12} &= y_{11}\, z_{12} + y_{12}\, z_{22} \\
w_{13} &= y_{11}\, z_{13} + y_{12}\, z_{23} \\
w_{14} &= y_{11}\, z_{14} + y_{12}\, z_{24}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
w_{21} &= y_{21}\, z_{11} + y_{22}\, z_{21} \\
w_{22} &= y_{21}\, z_{12} + y_{22}\, z_{22} \\
w_{23} &= y_{21}\, z_{13} + y_{22}\, z_{23} \\
w_{24} &= y_{21}\, z_{14} + y_{22}\, z_{24}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
w_{31} &= y_{31}\, z_{11} + y_{32}\, z_{21} \\
w_{32} &= y_{31}\, z_{12} + y_{32}\, z_{22} \\
w_{33} &= y_{31}\, z_{13} + y_{32}\, z_{23} \\
w_{34} &= y_{31}\, z_{14} + y_{32}\, z_{24}
\end{aligned}
$$

Per maggiore chiarezza gli elementi delle tre matrici sono ripetuti con le loro denominazioni in forma tabulare come segue:

	O_1	O_2
A_1	y_{11}	y_{12}
A_2	y_{21}	y_{22}
A_3	y_{31}	y_{32}

	V_1	V_2	V_3	V_4
A_1	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}
A_2	w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{24}
A_3	w_{31}	w_{32}	w_{33}	w_{34}

O_1	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}
O_2	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{24}

In conseguenza la matrice di interazione fra attività e vincoli prende l'aspetto seguente:

	V_1	V_2	V_3	V_4
A_1	1	0	1	1
A_2	0	0	1	1
A_3	1	0	0	1

Possiamo interpretare quest'ultima matrice asserendo, ad esempio, che la sola fra le tre attività previste a non fare aumentare il prodotto nazionale lordo sarebbe quella tendente a conservare energia. Sempre a titolo di esempio possiamo dedurre dalla matrice la conseguenza — a prima vista sorprendente — che la intrapresa di attività industriali volte a produrre centrali mareomotrici per l'esportazione non dovrebbe cozzare mai contro vincoli limitativi dei capitali disponibili. Su questa ultima asserzione si potrebbe non trovarsi d'accordo: sarebbe allora necessario andare a vedere la genesi di essa nelle ipotesi fatte a proposito degli obiettivi e delle loro interazioni con le attività e con i vincoli. Queste ipotesi potranno essere riviste e condurre, quindi, a redigere nuove matrici. L'importanza della procedura indicata è che garantisce la compatibilità fra le tre matrici considerate.

L'esempio introdotto qui può apparire banale: la procedura, però, non è

banale quando le categorie di fattori considerate sono parecchie e ciascuna comprende alcune decine di fattori omogenei fra loro. Infatti — a parte l'impiego come strumento atto a garantire la eliminazione di incongruenze e di ipotesi contraddittorie — questa procedura consente: di introdurre e trattare elementi eterogenei — sociali, fisici, tecnici — in una stessa struttura; di ottenere dati in entrata anche provenienti da persone che non sarebbero in grado di comprendere le tecniche matematiche usate; di produrre modelli strutturali modularizzati — cioè scomposti in sottoinsiemi congruenti e più piccoli — con vantaggio della comprensione del problema e dei modi di affrontarlo.

Intanto R. F. Erlandson dei Bell Laboratories ha suggerito nel 1975 una successione di misure dei fenomeni di interazione fra sistemi, fra sottosistemi, fra controlli e interventi. Una serie di lavori sui problemi di decisione nei casi in cui gli scopi prefissi siano multipli vengono prodotti da Ward Edwards presso il Social Science Research Institute della University of Southern California a Los Angeles e da R. L. Keeney e H. Raiffa, che stanno per pubblicare un libro sull'argomento.

Spero che quanto ho detto in queste pagine chiarisca come gli sforzi interdisciplinari siano una necessità — e non una moda fungibile — per chi voglia risolvere problemi socio-economici e socio-tecnologici complessi.

R. V.

Questo testo, in forma più ampia e divulgativa, costituirà l'ultimo capitolo del libro di R. Vacca, Tecniche modeste per un mondo complicato, *Rizzoli, 1978.*

Decisions about Social Systems with Modern Techniques

Paper read at the Debate on "Science and Society" on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Como, 28-29 May 1977

ROBERTO VACCA
Member of the Club di Roma

The decisions that a government or an international authority have to take in the socio-economic sphere are, in the world of today, hard ones, and ideally require competence in a number of different fields at the same time: in economics, sociology, law, technology and industry. The factors and variables belonging to one of these fields then interact with factors and variables belonging to many other fields, each one influencing the others. In order to make decisions that are suitable to achieve certain ends, one would not only need highly qualified information concerning all the fields mentioned, but one would also need to be able to avail oneself of specialists in the interactions between these fields. These specialists are well known to be absent. The modern techniques which are currently being developed are tending to create specialists of this kind and to lay the groundwork of facts, principles and methods which can be used to deal with a complex reality, characterized by large number of elements and by the mutual influence of many of the elements or groups of which it is comprised. It is difficult to define the field of study of the decisions relating to large-scale problems involving great numbers of people. The common characteristic of all these problems is complexity. There exists as yet no theory fit to deal with phenomena, characterized by considerable complexity or with the ensuing processes and decisions. The study of complexity has many aspects, techniques and characteristics in common with systems engineering. It should be noted that the more complicated the processes or systems considered, the greater the number of people involved, the more significant the social and human — not just technical — elements, the more important it then becomes to examine a number of questions in greater detail.

Complicated structure and processes are rarely suitable for calculations or formal analyses. It is thus necessary to have recourse to informal or intuitive analyses. Both team work and the continual process of criticism and revision by members of the team of each portion of the work produced by specialists within the group assume enormous importance in carrying out such analyses. Only in this manner can errors or mistaken evaluations made by study participants receive a timely correction.
Often there are large numbers of people involved in the functioning of the technological or socio-economic systems under consideration, as operators and/or as users. Acceptance of the rules and participation in the definition of the structure of the system can be essential in order for the ensuing situation to be acceptable and to avoid misunderstandings and conflicts. Participation should include training processes, the recording of preferences or votes in favour of certain solutions as against others, innovative contributions on the part of the population, which has voluntarily undergone periods of apprenticeship, operative coopera-

tion on the part of the general public. Instances of this kind of cooperation between the authorities, specialists and the public, either in the United States or in the other Western countries, do not always come to pass and are not always particularly well carried out. In countries with centrally controlled economies nothing of the kind is even attempted and if cooperation is actually necessary, these countries are in this respect more fragile than the Western ones. It is not only the authoritarian tendencies that inhibit the democratic participation of a wide section of the public. For this participation presupposes an effort on the part of the specialists to explain to the public what knowledge and theories are the necessary prerequisites for policy measures, what are the possible alternatives, which are the preferable solutions and for what reasons. In some cases these explanations are too difficult and long. The necessary concellation of popularization and participation programmes may then be wrongly interpreted as the result of an authoritarian tendency instead of the consequence of constraints inherent in the situation.

Jay W. Forrester has claimed that in these fields where complexity is predominant the correct solutions to problems are often counter-intuitive: the best ones at first sight seem implausible and those which intuitively seem right turn out to be very bad when subjected to deeper analysis. This view of Forrester's should certainly not be taken to mean that all solutions of complex problems must necessarily seem *a priori* unreasonable in order to be correct. It would be reasonable to speak of non-intuitive rather than counter-intuitive explanations. For we may say that every time we have recourse to a calculation we are following a formal procedure precisely because we are not able to arrive at the solution intuitively.

The behaviour of complex systems can likewise be calculated provided that it is possible to define the mathematical relations by which it is defined. In some cases this is possible because we understand the mechanisms of dependence of certain variables on others and we can express them by means of formulas. Then the formulas we set up effectively represent reality at least as long as other variables that are normally inactive do not enter into the picture. This is the case with physical system — mechanical, hydraulic, electric — whose behaviour can be considered deterministic.

Things become more complicated when the mechanisms of dependence of certain variables on others are unknown, and only historical series of the values assumed by all the relevant variables over certain periods of time are known. Apart from the precision with which the values of the variables have been measured and recorded, in these cases knowledge of the whole systemistic process is much less satisfactory and the equations that can be set up have an empirical character — in some cases they are expressed by means of tables rather than of formal relations. Jay W. Forrester of MIT carried out a series of attempts in the 'sixties in which he translated the dynamics of an industrial system, of a whole city and finally of the whole planet into formulas and assigned them the structure of a computer model. This model formed the basis for the study on the limits of development which constituted the first report to the Rome Club in 1971.

Forrester's models consider two classes of variables: levels and rates. The levels cumulatively measure various representative magnitudes of the system. In the case of a city, for example, the following are levels: the population, the number of houses of a certain type, the number of available jobs, etc. In the case of the planetary system, levels are: the population, the total amount of capital invested in industry and agriculture, the surface of arable land, the natural resources, pollution.

The rates, on the other hand, define the variations of the levels over time: on the increase or on the decrease. In the case of a city the relevant elements are: the birth and death rates, rate of immigration and

emigration, the number of new houses built a month (or a year), etc.
Each level is influenced by more than one rate, and each rate is in its turn a function of various levels. Dynamic models of this type can be programmed into computers with one-years steps: at each further step the former values of the levels are used to determine the new values of the rates and the latter are then used to compute the variations of levels during the year under consideration.
If the numerical data at the starting point, the initial conditions and the functional dependences between the various variables were really known with certainty and precision, then the computerized models that can be built on this basis could be utilized for predicting of the future. We must therefore ask ourselves if the laws of dependence which link together the parameters and the factors that are taken into consideration are in fact known with precision, and whether these predictions are truly possible and to what extent.
One way of checkin gout whether our hypotheses are correct would be to accept as basic data only information concerning facts that took place up to a certain point in the past: to make this clear, let us suppose that we are starting from data concerning a certain socio-economic system taken from the period 1900-1950. Using this data-base we construct a theory and we suppose that there exist certain dependences between the magnitudes that we are concerned with. Then we use the theory and the hypothetical dependences to predict the behaviour of the system for the twenty-eight years running from 1950 to 1978, ignoring for the time being the historically known facts relating to this period that has in actual fact already elapsed. At this point we compare the predictions derived from the model with the real known events of the successive 28 years. If we find a substantial disagreement between the predictions thus made and the actual history of the socio-economic system we will be forced to conclude that the model lacks predictive value. But if the predictions that the model would have made in 1950 and history after 1950 and up to the present day substantially coincide, we may conclude that the model could have been used to predict events up to 1978. But in this case too, however, we would not be authorized to suppose that the model will correctly foresee future events from now on as well. For there exists an infinity of functions which approximate experimental data fairly faithfully over a given interval but yet deviate from them once outside the interval to an indefinitely large degree. Furthermore we can never rule out the possibility that events may happen in the future which will profoundly modify reality and alter the type or the very existence of the mutual relations holding between different variables. One need only think of the conceivable rise of armed conflicts which would radically change the socio-economic conditions of a whole region of the planet.
Alternatively, we could give up all pretence of the model's predictive capacity and use it in such a way as to render explicit the consequences of certain clearly defined hypotheses. One or more of the variables that define the behaviour of the system can, in other words, be considered as exogenous: its values as a function of time are then fixed from the outside and can therefore have an effect on other variables, while not being at the same time influenced by these variables. This device deprives the model of some of its flexibility, but it may permit evaluation of the consequences of certain political or economic strategies.
Mesarovič and Pestel, for example, have devised their global model of the world system in such a way as to allow it to be used in an interactive mode by governmental decision-makers, who insert into the model — as exogenous variables — some of their possible strategies, taking note of the probable consequences within a few years and, at that point, conceivably modifying them and substituting them by others. Recourse to the device of considering several variables as exogenous is inevitable when the available data-base is insufficient to

discover regularities from which to abstract formal relations between the variables that define the behaviour of a system. In these cases the definition of various alternative courses of the exogenous variables — projected towards the future — is rather like writing scripts or 'scenarios', (as current jargon has it) according to which we can imagine possible future courses of events. When we decide to create a mathematical model of the future (of an industry, a region or the world) we implicitly reveal our belief in a certain determinism. Even in the event of a total determinism, beyond a certain level of complication, we would not be able to analyze or predict reality quantitatively, especially if the type of phenomenon with which we are concerned has never occurred before in history.
But let us move from the sphere of predictions to that of prescriptions: that is, of the means of planning real-world policy measures from the outside.

One obvious consideration is that each plan or programme should contain no mutually contradictory aims, and should instead be characterized by a rational structure. And yet we often note that the plans for policy measures and the projects put forward by specialists both at the national and at the international level completely fail to obey these obvious requirements. Great merit would attach to all efforts to bring some order and coherence into this sphere of activity: John N. Warfield has tried to make this effort in his book *Societal Systems-Planning, Policy and Complexity* (Wiley-Interscience, 1976). For example Warfield has subjected the document put out by the United Nations Committee for Development Planning in 1970 to a methodical and instructive critical review. This document dealt with the launching of a second decade of development, and was entitled *Towards Accelerated Development*. It contained no less than 55 objectives to be achieved: the loftiest ones were, for example, the fulfilment of the hopes of mankind, comprehension of the mutual relations between elements of the developmental process, a decrease in world tension. The more modest (and more concrete) objectives were: the normalization of international relations, a decrease in the ills attributable to urbanization, the founding of new towns far from any metropolis.

Warfield has attempted to place all the objectives indicated in the United Nations document in a branching tree diagram in which every objective that can be considered as a prerequisite for the achievement of another more general objective is situated at a lower node than the latter, connected to this more general objective by a line. All the objectives turn out to be connected to at least one other objective at a higher or lower level, so that the document seems at least to mirror a conceptual structure of reference. The credibility of the document becomes less satisfying when one notes that:
— less than 20% of all the objectives listed appear to be susceptible of being subjected to measurings aimed at evaluating the extent to which the objective has been achieved.
— the majority of the stated objectives does not come equipped with a justification in terms of indicating who should see to their being achieved and be responsible for them, what resources should be utilized, on the basis of what procedures, methodologies or mechanisms to operate, nor is there any indication of the time within which the programme for the achievement of an objective must be carried out.
The structure of the United Nations document is thus to a considerable extent illusory: too many of the objectives are not measurable or are too vague or else there is no indication of how they could be achieved, or by whom, or when. In order to render the analyses more objective and significant, Warfield also suggests more elaborate techniques based on mathematical procedures. While Warfield's book should be consulted for a detailed treatment of these techniques, it is worthwhile providing an example here at least of the use of binary interaction matrices.

Once a few categories of considerations or of factors relevant for the purposes of a project or a policy measure have been chosen — for instance: objectives, resources, constraints, agencies involved in the matter, it is of interest to decide which elements of one category interact with which elements of another category. All the possible interactions can be described schematically by means of a matrix which is a table having a number of columns equal to the number of elements of one of the two categories of factors considered and a number of tows equal to the number of elements of the other category. The matrix is binary, — i.e. it is composed of elements that can have the value *0* or the value *1* — and at the intersection of a row and a column we record the symbol *1* to denote that the interaction between the element relating to the line and the one relating to the column is significant, and the symbol *0* to denote that this mutual action is not significant. Let us consider the possible interactions between just two objectives: 0_1 = increase in active population; 0_2 = decrease in the quantity of crude oil imported during the unit of time; and three possible activities — concerning which we do not argue about whether they are necessary nor whether they are sufficient for reaching the objectives, but only whether they display interaction with the objectives. Let the three activities be: A_1 = industrial and commercial enterprises for the diffusion of solar energy units; A_2 = energy conservation activities; A_3 = industrial and commercial enterprises for the production and the diffusion of machines capable of producing energy through the effect of the hydraulic heads produced by the tides. As far as this last activity, A_3 is concerned, let us suppose that the machinery under discussion can be produced in Italy and exported: even if this can be true only for a part of the machines belonging to a system for the exploitation of tidal energy.

The interaction matrix relating to objectives and activities would, then, be as follows:

	0_1	0_2
A_1	1	1
A_2	0	1
A_3	1	0

The values assigned to the matrix elements can be justified with easy arguments. In fact the first activity — A_1 — implies both a greater employment of manpower and a decrease in the demand for energy that has to be satisfied by recourse to imported fuel. Activity A_2 aimed at the elimination of energy waste would have no effect on the number of available jobs, but would reduce the quantity of oil imported. Finally the third activity would create new jobs, but could have no influence on the quantity of oil imported, because the installations for the exploitation of tidal energy could only be exported rather than being used in Italy, where the hydraulic heads are too small. Let us see now what a matrix of the interaction between the two objectives mentioned above and certain constraints that have to be taken into account would look like. Let us suppose that four constraints are being considered: V_1 = a condition imposed that every measure or intervention contribute to increasing the gross national product; V_2 = a condition that each intervention must not imply an availability of labour greater than the manpower available; V_3 = a condition that each intervention must not require capital investment greater than certain ceilings; V_4 = a condition that the objectives established must not contribute to increasing inflation.

We may suppose that the two objectives 0_1 and 0_2 might have some effect on inflaction processes, while we can accept the hypothesis that every intervention aimed at achieving the two objectives never comes up against a scarcity of labour — at least in the current conditions of high unemployment. We can also assume that objective 0_1 contributes to increasing the gross national product, while objective 0_2 in all likelihood has no effect on the gross national product. Finally we can assume that the constraint concerning available capital is

significant as far as the decrease in oil imports is concerned — since investments are required for the purpose of finding alternative sources of energy — but is not significant as far as concerns the increase in employment which it is hoped would come about through the exploitation of unused industrial capacities, without new investments. Under these hypotheses the matrix of the interactions between objectives and constraints is as follows:

	V_1	V_2	V_3	V_4
0_1	1	0	0	1
0_2	0	0	1	1

We must now construct a matrix of interactions between activities and constraints, having fours column and three rows. We could construct it by thinking about the mutual influences between constraints and activities in a similar fashion to what was done in the two cases already examined. But we could not *a priori* rule out the possibility that in this third case we would follow a line of reasoning not logically congruent with that followed in the former cases. To make explicit the logical indications already utilized in the construction of the first two matrices we can calculate the constraint-activity interaction matrix as a function of the two preceding ones, producing it as a Boolean product of these two.

The w elements of the product matrix are obtained from the y elements of the activity-objectives matrix and from the z elements of the objectives-constraints matrix by means of the following relations, in which the products are Boolean (carried out according to the rules: $0.0 = 0$; $0.1 = 0$; $1.0 = 0$; $1.1 = 1$) and the sums are Boolean (carried out according to the rules: $0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1 + 0 = 1 + 1 = 1$). As can easily be seen, this Boolean product between matrices merely expresses the property of transitivity. The first formula below means that if A_1 and V_1 both interact with 0_1 (or 0_2), then they also interact with each other.

$$
\begin{aligned}
w_{11} &= y_{11}z_{11} + y_{12}z_{21} \\
w_{12} &= y_{11}z_{12} + y_{12}z_{22} \\
w_{13} &= y_{11}z_{13} + y_{12}z_{23} \\
w_{14} &= y_{11}z_{14} + y_{12}z_{24}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
w_{21} &= y_{21}z_{11} + y_{22}z_{21} \\
w_{22} &= y_{21}z_{12} + y_{22}z_{22} \\
w_{23} &= y_{21}z_{13} + y_{22}z_{23} \\
w_{24} &= y_{21}z_{14} + y_{22}z_{24}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
w_{31} &= y_{31}z_{11} + y_{32}z_{21} \\
w_{32} &= y_{31}z_{12} + y_{32}z_{22} \\
w_{33} &= y_{31}z_{13} + y_{32}z_{23} \\
w_{34} &= y_{31}z_{14} + y_{32}z_{24}
\end{aligned}
$$

For greater clarity the elements of the three matrices are repeated with their symbols in tabular form as follows:

	0_1	0_2		V_1	V_2	V_3	V_4
A_1	y_{11}	y_{12}		w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}
A_2	y_{21}	y_{22}		w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{24}
A_3	y_{31}	y_{32}		w_{31}	w_{32}	w_{33}	w_{34}
			0_1	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}
			0_2	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{24}

Consequently the matrix of the interaction between activities and constraints looks like this:

	V_1	V_2	V_3	V_4
A_1	1	0	1	1
A_2	0	0	1	1
A_3	1	0	0	1

We can interpret this last matrix by asserting, for example, that the only one of the three activities foreseen that does not increase the gross national product would seem to be the one tending towards energy conservation. As a further example, we can deduce from the matrix the — at first sight surprising — consequence that the lauching of industrial activities aimed at producing tide-powered energy plants for exportation should never come up against constraints limiting the amount of available capital. It

is quite possible that there could be disagreement about this latter statement: if so, one would have to go and search for its genesis in the hypotheses made concerning objectives and their interactions with activities and constraints. These hypotheses can then be revised, thus leading to the setting up of new matrices. The importance of the procedure described lies in its guarantee of compatibility between the three matrices examined.

The example given here may seem trivial; the procedure, however, is not trivial when the categories of factors considered are numerous and each one comprises several dozens of factors that form a homogeneous group. For — apart from its utilization as an instrument able to guarantee the elimination of incongruities and contradictory hypotheses — this procedure allows one: to introduce and deal with heterogeneous elements — social, physical, technical — in one and the same structure; to obtain fresh data partly provided by persons who would be unable to understand the mathematical techniques used; to produce modularized structural models — that is, decomposed into congruent and smaller subsets — with the advantage of a better grasp of the problem and of the means of coming to grips with it. It is worth while noting at this point that R.F. Erlandson of the Bell Laboratories suggested in 1975 a sequence of measurements of the phenomena of interaction between systems, between subsystems, between controls and policy measures. A series of papers on decision problems in cases of multiple aims is being put out by Ward Edwards at the Social Science Research Institute of UCLA and by R.L. Keeney and H. Raiffa, who are about to publish a book on the topic.

It hope that what has been said in this paper makes it clear that interdisciplinary efforts are a necessity — and not an arbitrary fashion — for anyone who wants to solve complex socio-economic and socio-technological problems.

R. V.

Translation: R. Costa Barritt - Pisa

This text will form the last chapter, broader in scope and aimed more at the general reader, of the book by R. Vacca, Tecniche modeste per un mondo complicato, *Rizzoli, 1978.*

QUARANTA, M. and MAIORCA, B.

L'arma della critica di Ludovico Geymonat

Garzanti, Milano, 1977
175 pp., L. 4.500

Ce livre est un utile instrument pour accéder particulièrement à la *Storia del pensiero filosofico e scientifico* de L. Geymonat, maintenant présentée dans une nouvelle édition en 9 volumes. Il comprend deux parties: la très soigneuse bibliographie complète des écrits de L. Geymonat, élaborée par B. Maiorca (de 1931 à 1977, 365 titres), accompagnée du recensement des écrits sur L. Geymonat (de 1931 à 1977, 293 recensions); et précédent celle-ci un essai de M. Quaranta.
Cet essai tente de situer Geymonat dans le mouvement de la culture italienne. Il ne se borne pas à faire apparaître les orientations successives de la pensée de Geymonat (néo-positivisme, néo-empirisme, matérialisme dialectique), à éclairer son constant souci d'être à la hauteur de la pensée internationale (fréquentation de Schlick, traduction de F. Waismann, G. Frege, B. Russell). Il sait caractériser chaque période de la réflexion de Geymonat en les situant dans le contexte culturel et politique italien: du combat antifasciste, à la lutte des partisans et des communistes (Geymonat fut rédacteur en chef de l'*Unità* de Turin). Des luttes de l'après guerre après la rupture de l'alliance, aux luttes des années 60 et 70, où se manifeste la distance à l'égard de tout compromis idéologique, le refus de tout historicisme, M. Quaranta donne d'intéressantes élucidations, et explicite avec chaleur et précision le combat néo-rationaliste constant de Geymonat pour une culture scientifique de masse, intégrée dans le mouvement même des transformations sociales.
Cet essai vient à point nommé pour accompagner le nouveau livre *Scienza e realismo*. Il montre que l'orientation des dernier chapitres de cet ouvrage n'est pas aussi récente qu'on peut le penser et que l'articulation entre intervention philosophique et bataille culturelle a toujours été le ressort implicite de l'oeuvre de Geymonat.
Bref, un livre utile pour tous ceux qui s'intéressent aux grands axes de la culture italienne et à un de ses protagonistes majeurs.

Questo libro è uno strumento utile soprattutto per accedere alla *Storia del pensiero filosofico e scientifico* di L. Geymonat, ora presentata in una nuova edizione in 9 volumi. Esso si compone di due parti: la bibliografia completa molto accurata degli scritti di L. Geymonat, elaborata da B. Maiorca (dal 1931 al 1977, 365 titoli), accompagnata dalla rassegna degli scritti su L. Geymonat (dal 1931 al 1977, 293 recensioni); questa parte è preceduta da un saggio di M. Quaranta.
Tale saggio tenta di collocare Geymonat

This book is a useful tool to familiarize oneself in particular with the *Storia del pensiero filosofico e scientifico* of L. Geymonat, now presented in a new edition in 9 volumes. It consists of two parts: the extremely detailed complete bibliography of the writings of L. Geymonat, elaborated by B. Maiorca (from 1931 to 1977, 365 titles), accompanied by a review of the works on L. Geymonat (from 1931 to 1977, 293 reviews); and preceding this an essay by M. Quaranta.
The essay attempts to situate Geymonat

nel movimento della cultura italiana. Esso non si limita a far apparire i successivi orientamenti del pensiero di Geymonat (neo-positivismo, neo-empirismo, materialismo dialettico), a chiarire la sua costante preoccupazione di essere all'altezza del pensiero internazionale (frequentazione di Schlick, traduzione di F. Waismann, G. Frege, B. Russell), ma riesce a caratterizzare ogni periodo della riflessione di Geymonat situandolo nel contesto culturale e politico italiano: dall'impegno antifascista alla lotta dei partigiani e dei comunisti (Geymonat fu redattore in capo de *L'Unità* di Torino). Dalle lotte del dopoguerra dopo la rottura dell'alleanza alle lotte degli anni Sessanta e Settanta, dove si manifesta la distanza rispetto a ogni compromesso ideologico, il rifiuto di ogni storicismo, Quaranta dà delucidazioni interessanti e spiega con calore e precisione la costante battaglia neorazionalista di Geymonat per una cultura scientifica di massa, integrata al movimento stesso delle trasformazioni sociali. Questo saggio giunge al momento giusto per accompagnare il nuovo libro *Scienza e realismo*: mostra che l'orientamento degli ultimi capitoli di questo libro non è così recente come si potrebbe pensare e che l'articolarsi dell'intervento filosofico con la battaglia culturale è sempre stata la molla implicita dell'opera di Geymonat.

In breve, un libro molto utile a tutti coloro che si interessano alle correnti fondamentali della cultura italiana e a uno dei suoi maggiori protagonisti.

within the movement of Italian culture. It does not restrict itself to delineating the successive orientations of Geymonat's thought (neo-positivism, neo-empiricism, dialectical materialism), to highlighting his constant effort to be on a par with international thought (his association with Schlick, the translation of F. Waismann, G. Frege, B. Russell). It successfully characterizes each period of Geymonat's reflections by situating them within the Italian cultural and political context: from the antifascist battle to the struggle of the partisans and the communists (Geymonat was the chief editor of *L'Unità* of Turin). From the postwar struggles after the first rupture of the alliance, to the struggles of the '60ies and the '70ies where one finds a distancing with respect to any ideological compromise, the refusal of any historicism, M. Quaranta provides interesting elucidations and explicitates with enthusiasm and precision Geymonat's constant neo-rationalist battle for mass scientific culture, integrated within the very movement of social transformations.

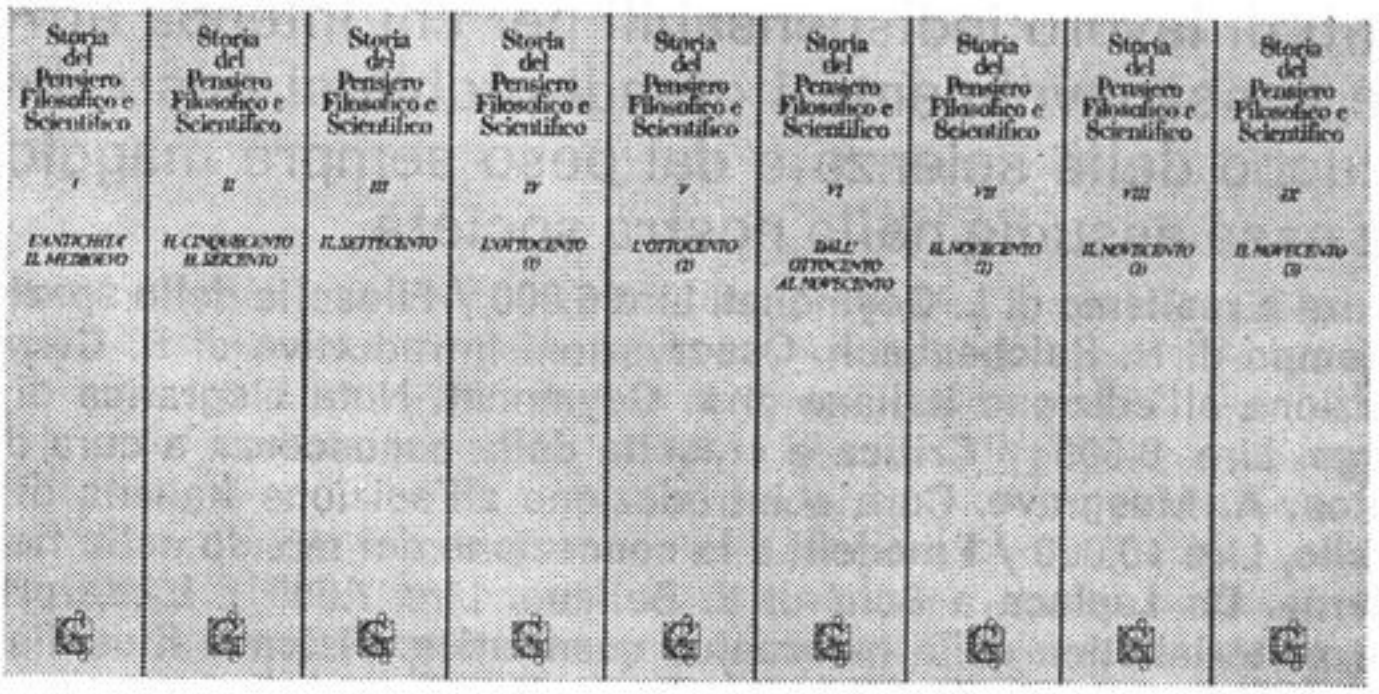
This essay appears at a timely moment for it can accompany the new book *Scienza e realismo*. It shows that the orientation of the last chapters of this work is not as recent as one might think and that the juncture between philosophical intervention and cultural battle has always been the implicit spring in the work of Geymonat.

In short, a useful book for all those who are interested in the major axes of Italian culture and in one of its foremost protagonists.

ANDRÉ TOSEL

Storia del pensiero filosofico e scientifico

di Ludovico Geymonat



Progettata secondo un impianto storico-critico
che tiene conto dei risultati più persuasivi cui è giunta la storiografia
filosofica, e in particolare del reinserimento della scienza
nel dibattito storico-culturale del nostro tempo,
quest'opera rompe la tradizione di dedicare trattazioni distinte
alla storia della filosofia e alla storia del pensiero scientifico
e inserisce nel vivo di un'unica ricerca il frutto di un'indagine
condotta nei diversi settori della scienza.
Un'opera quindi estremamente aperta e che tende ad allargarsi a mano
a mano che ci avvicina al ricchissimo e complesso pensiero dei nostri giorni.
La Storia del pensiero filosofico e scientifico si configura
come il risultato più importante dell'attività di Ludovico Geymonat,
il quale si è valso della collaborazione di un gruppo di studiosi.
L'esposizione rigorosa e chiara permette una lettura facile anche ai non
specialisti; le ampie bibliografie offrono una preziosa integrazione al testo.

9 volumi, formato 15,2x22,5, 5248 pagine, 108.000 lire
ciascun volume 12.000 lire

con specifici contributi di: Ugo Giacomini, Pina Madami, Corrado Mangione, Alberto Meotti,
Franca Meotti, Gianni Micheli, Felice Mondella, Mario Quaranta, Enrico Rambaldi, Renato Tisato,
Mario Vegetti, Elena Zamorani

Garzanti

FILOSOFIA DELLA SCIENZA

Collana diretta da Ludovico Geymonat

Una iniziativa editoriale che ha svolto una vera e propria funzione pionieristica in Italia fornendo strumenti di lavoro indispensabili per chi intenda affrontare consapevolmente i grandi problemi posti dallo sviluppo della scienza e dal peso sempre maggiore che essa assume nella nostra società.

Scienza e realismo di **L. Geymonat.** Lire 6.000 / **Filosofia dello spazio e del tempo** di **H. Reichenbach.** Osservazioni introduttive di **R. Carnap.** Prefazione all'edizione italiana di **L. Geymonat.** Nota biografica di **A. Carugo.** Lire 8.500 / **Critica e crescita della conoscenza** a cura di **I. Lakatos, A. Musgrave.** Cura e introduzione all'edizione italiana di **G. Giorello.** Lire 10.000 / **I modelli e la concezione del mondo nella fisica moderna. Da Laplace a Bohr** di **E. Bellone.** Lire 7.000 / **L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica. Fisica e filosofia in URSS** di **M.E. Omelyanovskij, V.A. Fock e altri.** Cura di **S. Tagliagambe.** Prefazione di **L. Geymonat.** Lire 8.000 / **Fondamenti teorici delle scienze biologiche** di **F. Ungerer.** Cura e introduzione di **F. Mondella.** Lire 8.000 / **Fondamenti del calcolo delle probabilità** di **D. Costantini.** Lire 7.000 / **Modelli sintattici e semantici delle teorie elementari** di **M.L. Dalla Chiara Scabia.** Lire 6.000 / **La struttura della scienza. Problemi di logica della spiegazione scientifica** di **E. Nagel.** Prefazione di **A. Monti. (2ªed.).** Lire 15.000 / **La spiegazione scientifica. Uno studio sulla funzione della teoria, della probabilità e delle leggi nella scienza** di **R.B. Braithwaite.** Cura e prefazione di **G. Jesurum.** Lire 6.000 / **Nuovi principi di epistemologia** di **A. Pasquinelli. (7ª ed.).** Lire 5.000 / **Questioni di filosofia della matematica** di **E. Casari. (3ª ed.).** Lire 8.500 / **I fondamenti logici della matematica.** di **E.W. Beth.** Cura e prefazione di **E. Casari.** Lire 6.000 / **La formazione dei concetti e delle teorie nella scienza empirica** di **C.G. Hempel.** Cura e prefazione di **A. Pasquinelli. (3ª ed.).** Lire 6.000 / **Filosofia e filosofia della scienza** di **L. Geymonat. (5ª ed.).** Lire 3.500 / **Lineamenti di logica matematica** di **E. Casari. (6ª ed.).** Lire 6.000 / **Manuale di logica** di **M.V.O. Quine.** Introduzione di **M. Pacifico. (5ª ed.).** Lire 6.000

leggere **Feltrinelli**

novità e successi in libreria

GEYMONAT, L.

Scienza e realismo

Series: Filosofia della scienza, Vol. 17
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
180 pp., L. 6.000

Il s'agit là d'un ouvrage important, par les problèmes qu'il affronte et par la césure qu'il constitue dans l'oeuvre de l'auteur. L. Geymonat y fait en quelque sorte le bilan d'une réflexion de trente ans sur la philosophie de la science contemporaine. En même temps, il renouvelle sa propre pensée en thématisant explicitement une dimension politico-culturelle, présente depuis toujours, mais en quelque sorte reléguée à une sorte d'arrière plan. Voilà pourquoi cet ouvrage se présente comme une recherche complexe, s'articulant en deux moments d'inégal développement. Le premier moment (chapitres I à IV) présente à nouveau la philosophie matérialiste et dialectique comme la seule capable d'intégrer de manière critique les courants dominants de l'épistémologie contemporaine; et elle formule ce qui est son objet, une étude scientifique du processus de croissance des sciences comme processus historique, régi par les lois propres à toute processualité (dynamicité, rôle moteur des contradictions). Le second moment (chapitres V et VI), plus incisif et plus problématique aussi, donne à ce matérialisme dialectique, ajusté aux sciences exactes et naturelles, sa charge théorico-politique, dans ce que l'on doit nommer le combat pour une révolution culturelle dont les masses populaires sont le protagoniste.

1. L'ensemble des chapitres I à IV constitue la formulation la plus achevée, classique, de la réponse matérialiste et dialectique de Geymonat aux problémes de la philosophie des sciences contemporaines. Une fois encore, l'auteur, loin de tout 'diamat', loin de toute nostalgie métaphysique d'une science des sciences, de toute super-logique fondatrice, affronte les points hauts atteints par l'épistémologie moderne, du conventionalisme de Schlick aux réélaborations de K.R. Popper, de T.S. Kuhn ou de Lakatos. Il rappelle que la question cruciale de la philosophie est bien, comme l'ont montré Engels, Lénine, d'ordre gnoséologique. Oui ou non les sciences ont-elles une valeur cognitive? Oui ou non nous aident-elles à connaître une réalité dont il faut admettre en même temps que l'intelligibilité, l'irréductibilité à une saisie immuable et définitive? Geymonat répond par l'affirmative. Mais il le fait en intégrant tout ce que contient de juste la critique impitoyable du réalisme naïf, partagé par le sens commun et les chercheurs militants. Il le fait au nom d'un réalisme critique, purifié, et supérieur. Il le fait surtout en réélaborant l'appareil catégoriel disponible, en liant de manière nouvelle totalité, objectivité, dynamicité.

En effet, Geymonat commence d'abord par requalifier la catégorie de totalité, si critiquée ou si mystifiée par ses défenseurs (Lukács par exemple) (chapitre I). C'est cette catégorie qui lui permet l'intégration critique et le dépassement du conventionalisme, et donc qui lui rend possible d'épurer le matérialisme dialectique. Pour l'épistémologie contemporaine, l'objet d'étude privilégié est constitué par les théories scientifiques, considérées dans leur logicité interne, susceptibles d'être formalisées et axiomatisées. Ces théories apparaissent alors comme des totalités

plurielles, fermées, et en polémique ouverte avec toute conception absolutiste du savoir comme savoir de réalités fixes, immuables, transhistoriques. Leur étude inclut la prise en compte de leur remplacement par d'autres théories, tout aussi fermées et axiomatisables, mais plus capables que les précédentes d'intégrer certaines données observationnelles dans des cadres conceptuels refondus. Or, pour Geymonat, cette représentation de la science dans son mouvement est partielle et insuffisante: les théories auxquelles s'applique légitimement le traitement logico-formel, et qui sont bien des conventions, ne sont pas le tout de la science dans son devenir concret. Leurs totalités fermées et statiques ne constituent que des parties d'un ensemble plus vaste, plur articulé, d'une autre totalité, plus totale, ouverte, composée, elle, d'éléments différenciés, non axiomatisable, ni formalisable. Seul cet ensemble qui inclut des fragments du langage commun, des concepts indéterminés, des notions non encore critiquées, des strates d'élaboration théoriques précédentes permet de comprendre la fonction cognitive des théories: il constitue, dans sa totalité spécifique, comme la matrice productrice qui permet d'identifier sur quels problèmes, par rapport à quelles difficultés, contre quelles erreurs, les théories formalisées constituent un progrès de la connaissance. L. Geymonat propose de nommer cet ensemble « patrimoine scientifico-technique » (PST). C'est lui qui doit être analysé par la philosophie, dans son rapport aux théories; car c'est son état historiquement déterminé qui rend possible de tenter de nouvelles voies, de reformuler les théories, de les remplacer par des meilleures. C'est lui que le conventionalisme se condamne à manquer, à ne pas voir, parce qu'il se condamne à l'usage de la seule méthode logico-formelle, qui conduit à une sorte de fétichisation ou absolutisation du moment 'théorique'. Le matérialisme dialectique restitue cet impensé qui a la dignité de la pratique productrice; mais il ne peut faire cela qu'en recourant à une autre méthode, celle qui convient aux totalités fluides et ouvertes, contradictoires et mobiles, à savoir la méthode dialectique. Contre le purisme du néopositivisme qui ne connaît que des totalités statiques et axiomatiques, la philosophie matérialiste et dialectique réintègre celles-ci dans leur tissu connecteur et matriciel. Méthode dialectique, et non pas logique dialectique, car celle-ci réintroduit l'idée impossible d'une super science normative qui conteste la légitimité du traitement formel. Méthode donc qui permet de penser l'unité de ce PST, lui-même constitué par le réseau unitaire des acquisitions scientifiques; mais qui saisit cette unité comme unité multiple, puisque le PST inclut des éléments indéterminés, discutables, des points d'hérésie qui sont autant de voies de conduction vers des approfondissements futurs. Multiplicité une qui est à la fois processus et résultat, car les contradictions qui la régissent la contraignent à passer indéfiniment d'un état à un autre, de produire de nouveaux concepts, de nouvelles méthodes, de nouvelles théories. Aussi, la philosophie de la science inclut dans son propre concept la dimension temps, et exige une conceptualisation fluide. Elle se donne un objet inaccessible au conventionalisme trop théoriciste: la totalité du processus scientifique dans son devenir contradictoire (chapitre II).

Du même coup, l'approche matérialiste dialectique permet de reprendre à un niveau supérieur le problème du réalisme, c'est-à-dire de l'objectivité de la connaissance (chapitre III), en liant précisément totalité, dialecticité et objectivité dans une unique constellation. Si le conventionalisme a raison — et c'est un grand mérite — de critiquer l'évidence soit disant naturelle du sens commun de l'homme quelconque et du bon sens spontané des chercheurs, il ne réussit pas à donner une réponse satisfaisante à la question de la réalité. Il a son point de force dans sa *pars destruens:* car il problématise tout recours dogmatique à une base ontologique de

la réalité, qui transcenderait le monde des perceptions; tout comme il montre que la résistance qu'offre le monde à nos efforts n'a de sens qu'articulée aux stratégies cognitives, et celles-ci sont l'inéliminable corrélat de « la production » [de la connaissance] du monde. Il rappelle à juste titre que le passage des phénomènes perçus à leur connaissance par la construction d'êtres théoriques nouveaux exige un concept d'existence, inséparable du procès de construction scientifique. Mais le conventionalisme souffre d'une faiblesse incurable dans sa *pars construens:* s'il est vrai que les sciences dépendent de principes qui devraient être acceptés comme vrais seulement pour tel secteur phénoménal, et sous certaines conditions transitoires de validité, il reste que pour ces secteurs, sous ces conditions, ces principes sont vrais. Si la connaissance n'exige plus un concept absolu de vérité, mais un concept relatif, cette relativité ne veut pas dire relativité sceptique, ni agnosticisme. Ce que ne prend pas en compte le conventionalisme c'est la processualité du mouvement de vérification, confirmation. Une 'convention' n'est pas vraie parce qu'elle réussit (pragmatisme), mais elle réussit parce qu'elle est (relativement, mais objectivement) vraie. Sa réussite a une portée de confirmation par et dans la pratique. Le succès pratique ne s'oppose pas au critère cognitif, il l'implique. La question de l'objectivité se détermine dans son rapport au critère de la pratique, celle-ci entendue comme pratique sociale. Et ce critère, à son tour, se lie à la spécificité que représente dans le procès d'appropriation cognitive le moment de l'approfondissement. C'est ce moment que le conventionalisme présuppose mais ne peut justifier: car comment affirmer la succession de conventions, meilleures ou plus utiles, sans se donner en fait le concept d'approfondissement, et ce qui le fonde *in re*, la référence à des niveaux objectifs de la réalité, de mieux en mieux approchés. L'approche matérialiste dialectique, parce qu'elle individualise le procès total de la connaissance comme procès d'approfondissements successifs lève la difficulté du conventionalisme. Les sciences accèdent à la réalité: elles élargissent notre conception de la rationalité en approfondissant la Réalité jusqu'à sa dimension temporelle. L'idée moderne de vérité et d'objectivité implique l'insertion de connaissances de plus en plus approchées dans une chaîne de connaissances transitoires *in fieri*. A l'adéquation absolue, mythe mécaniste et métaphysique, se substitue, plus laïquement, l'approximation relative.

Dès lors, la philosophie — matérialiste et dialectique — des sciences peut identifier plus précisément son objet: il s'agit de l'étude scientifique de la croissance des sciences. Et cet objet est solidaire d'un objectif, l'élargissement de la rationalité, au-delà de la sphère logico-formelle (chapitre IV). Car ce procès de passage de l'ignorance à la connaissance qui définit l'histoire de la science et sa croissance, n'est pas justifiable d'une rationalité que le philosophe seul construirait ou imposerait. Cette rationalité ne se réduit pas à une 'reconstruction rationnelle' conventionnelle, elle implique son ancrage immanent dans la chose même. Ce qui vaut pour le rapport des sciences à leur objet réel vaut pour le rapport de la science de l'histoire de la science à son objet réel: le conventionalisme manque les deux rapports pour la même raison, qui le rend incapable de justifier rationnellement la thèse de la réalité d'un progrès cognitif. Comme toute science présuppose une thèse de réalité et un processus d'approfondissement de cette réalité, la science de la science (mais définie de manière critique) présuppose et cette thèse et ce processus. Le philosophe des sciences n'est pas un super savant, il est un scientifique à côté, au milieu d'autres. Du même coup, le Matérialisme dialectique se définit comme science spécifique de l'histoire des sciences, étant entendu que le lieu, l'objet de ce procès d'approfondissement est et demeure le PST. A ces conditions, il devient possible

de restaurer la ligne de démarcation qui oppose Savoir et Non Savoir, et d'éviter les ravages d'un néo-marxisme irrationaliste qui est porté à faire de la science une idéologie spécifique, à la réduire purement et simplement à son statut d'élément de la superstructure, la dénonçant comme 'bourgeoise' ou 'capitaliste', sans prendre la peine de la considérer dans sa teneur proprement 'scientifique', d'appropriation cognitive de la nature.

Ainsi le matérialisme dialectique se formule en se constituant par la critique pondérée mais inflexible des courants dominants de l'épistémologie. En ce point, nous pourrions déjà questionner L. Geymonat, et engager avec lui la discussion.

a) Cette reprise en compte de l'ensemble catégoriel 'Totalité-objectivité-processualité de la croissance de la science' permet de mieux définir le matérialisme dialectique, hors des impasses staliniennes et jdanoviennes. Mais le statut de cette philosophie demeure indéterminé: si elle se concentre en étude scientifique de la croissance de la science et de sa rationalité, cette philosophie semble s'identifier à une science particulière; et comme cette science est historique, comme d'autre part Geymonat la conçoit sur le modèle fourni par Marx pour les processus historiques, il semblerait que la philosophie matérialiste et dialectique se réduise à une partie ou région du matérialisme historique, à savoir la science matérialiste historique de l'histoire de la science. Assurément, cette science ne peut être constituée que par et dans une polémique théorique liant objectivité-totalité-processualité, enveloppant des discussions catégorielles. Mais la part de cette discussion et donc le statut spécifique du catégoriel reste indéterminé.

b) Geymonat semble indiquer que la philosophie excède l'histoire scientifique ou science historique de la science, puisque il revient à la philosophie d'expliciter, de défendre, de reformuler la rationalité inhérente au processus qu'elle étudie comme science, et de livrer le combat pour un élargissement de la rationalité dans une perspective dialectique. A la philosophie de lutter contre toute représentation erronée, partielle de la connaissance. Cette fonction antagonistique lui donnerait une épaisseur nouvelle. Assurément; mais il reste à thématiser pour elle-même cette fonction investie d'abord dans la mise au point d'une étude scientifique de la croissance de la science.

c) En ce qui concerne cette étude elle-même, on aimerait des approfondissements analytiques sur la notion centrale de Patrimoine scientifico-technique et sur le rapport dialectique entre ce PST et les théories axiomatisées. Sans doute faut-il renvoyer cette élaboration à des enquêtes précises, et considérer ces concepts comme autant d'outils à éprouver, affiner dans le traitement de 'la matière', tel état du PST sur tel secteur. Mais le caractère très général des déterminations polaires utilisées pour définir chaque terme du rapport, le PST et les théories, fait problème. D'un côté, on a le domaine de l'axiomatisable (et de l'axiomatisé), de la totalité fermée et statique, de la conceptualisation formalisante et logique, de la neutralisation de la variable temps et de l'élimination de la contradiction. D'un autre côté, on a le domaine du non axiomatisable (et du non axiomatisé), de la totalité ouverte et dynamique, de la conceptualisation dialectique, de l'intégration de la variable temps et de celle de la contradiction, comme puissance motrice du processus. Il faudrait préciser d'avantage le rôle et la fonction des théories, donc de la logique, et ce en se situant du point de vue même du PST, puisqu'il constitue en quelque sorte une instance productrice, qui sans être un fondement gnoséologique, est revêtue d'une puissance méta-théorique, ou plutôt matricielle à l'égard de toute théorie. Le pôle que constitue ce PST a ici des propriétés spécifiques encore

insuffisamment analysées: il est l'englobant des théories qui sont une de ses parties, il est aussi leur socle primitif, et il a la propriété de se constituer en instance métathéorique, puisqu'il peut réfléchir son autre, se saisissant comme unité de soi-même et de cet autre. Si l'on doit éliminer toute logique dialectique, il faudrait ici reprendre la question, car le recours 'philosophique' du PST induit des effets d'importation d'une telle logique, et risque de laisser place à des interprétations trop génériques et non réglées critiquement; et ce en raison de la globalité même de l'opposition entre PST et Théorie.

d) On peut s'étonner que Geymonat n'ait pas consacré plus de place à cette détermination du PST, et qu'il n'ait pas à cet égard repris, rectifié, si besoin était, la conceptualisation classique en terme d'idéologie. Dans la même perspective, on aurait pu attendre une confrontation avec certaines analyses de L. Althusser (*Philosophie et Philosophie spontanée des Scientifiques*, Maspéro, Paris, 1975), reprenant des formulations de Lénine. De même encore, le rapport entre idéologie, sens commun, langage commun, conception du monde, esquissé par A. Gramsci aurait pu permettre une caractérisation de ce PST. Plus généralement, on est étonné que Geymonat ne se confronte pas ici, selon son habitude, aux points hauts de la réflexion marxiste elle-même. De même enfin, pourquoi Geymonat s'en tient-il à l'indication de la simple structure formelle de l'histoire des sciences, concentrée dans ce couple PST-Théories? S'il combat avec raison certains courants irrationalistes qui font retour sur le marxisme pour contester l'objectivité des sciences, pourquoi n'affronte-t-il pas le problème de la matérialisation de ce PST, de son inscription dans le système des forces productives où Marx lui-même l'a toujours situé? Que ce PST ait un aspect objectif, sur le plan théorique, n'empêche pas que sous un autre aspect il se condense en appareils matériels situés dans le procès de production par exemple. Dans la même ligne, on pourrait se demander si le PST est régi par un mode de production propre, si l'on peut avancer l'idée de rapports de production spécifiques structurant ce PST, et responsables de la spécificité des états où il peut passer. Bref, on pourrait tenter ici de penser la contemporanéité logique du procès d'appropriation scientifique de la réalité (de la nature) et du procès d'appropriation sociale de la nature (production, politique). Ces précisions pourraient éviter le choc en retour d'une interprétation trop formaliste de la conceptualisation geymonatienne de l'histoire de la science.

2. Le second moment — chapitres V et VI — constitue l'apport le plus nouveau. Le chapitre V (sur la nature et l'homme) montre que la juste interprétation du PST permet d'élargir le concept de réalité en transformant d'abord notre idée de l'ordre naturel. Le matérialisme dialectique geymonatien requalifie, sous conditions, la dialectique de la nature. Intégrant une fois encore la critique conventionaliste, Geymonat montre que l'on doit renoncer au concept traditionnel (mécaniste et métaphysique) de l'ordre naturel, comme système rigoureusement ordonné selon des lois déterministes absolues. Il faut de même surmonter l'antinomie propre à cette conception de la nature et qui concerne le statut de l'intervention humaine sur la nature: ou bien l'ordre naturel ne laisse aucune place à cette intervention, ou bien cette intervention est non seulement possible, mais si décisive que l'ordre de la nature apparaît comme ordre que nous imposons nous-mêmes à la nature. Geymonat entend préserver à la fois l'objectivité relative de la connaissance de la nature (et de son ordre) et l'appartenance naturelle de l'intervention humaine. Pour cela, il propose une conception dialectique de la nature, capable de donner une vision unitaire des processus naturels sans remettre en cause la

spécificité des domaines de validité des théories particulières. Cette unité ne peut alors qu'être recherchée dans le PST: et c'est l'idée d'un ordre graduellement déterminé, variant dans le temps, présentant des spécificités (biologique, humaine, sociale) que seules les théories particulières déterminent. Dans cette vision unitaire et articulée, la philosophie n'a pas à garantir de l'extérieur le contenu spécifique des diverses théories. Ainsi et au même moment, l'intervention humaine peut être comprise dans l'ordre naturel: la dialectique de la nature inclut l'intervention (naturelle et sociale tout à la fois) de l'homme dans la nature. Car la nature inclut la pratique sociale de l'homme comme une de ses formes et moments. L'intervention humaine est forme et moment du processus complexe au terme duquel se réalise l'ordre naturel, forme et moment qui de l'intérieur peut modifier le processus naturel dont elle est facteur. La science apparaît alors aussi comme forme de cette dialectique de la nature, comme rapport entre le facteur homme et les autres facteurs.

Dès lors, il faut affirmer une « non-neutralité philosophique et pratique de la science ». Non-neutralité philosophique d'abord, car toutes les avancées scientifiques font partie du PST, obligent à sa restructuration, en éliminant d'anciennes mythologies, des conceptions du monde périmées. Seule la réflexion philosophique peut dégager cette 'charge militante' de la science; car les scientifiques, enfermés dans leurs nécessaires spécialisations, ne sont pas à même de formuler spontanément cette nouvelle conception générale de la nature que les sciences produisent comme à leur insu. A la philosophie la tâche de rendre explicite la dimension théorique générale que le nouveau réseau théorique tisse objectivement. Seule la philosophie matérialiste dialectique peut organiser ce tissu, sans le fonder spéculativement, en donnant ainsi à chaque scientifique et aux hommes communs accès à la dimension théorique effective que construit la croissance de la science, en liquidant erreurs, préjugés, vieilles conceptions du monde. L'idée moderne de la nature se manifeste ainsi dans sa capacité à dissoudre les notions incompatibles avec l'état actuel du PST: elle élargit notre raison. Non-neutralité pratique ensuite, car à soutenir la portée objective revolutionnaire des éléments novateurs du PST, la philosophie matérialiste et dialectique oblige à poser la question des contradictions entre la croissance de ce PST, et son inscription dans l'ensemble des rapports sociaux. Sans mythifier le progrès scientifique, mais sans le dénier, Geymonat pense ainsi la croissance de la science dans son intériorité au processus historique de la pratique sociale, identifiant celle-ci en termes de lutte de classe. Si les formes et les résultats de l'activité de connaissance sont conditionnés par l'appartenance de celle-ci à une société d'exploitation et de domination, cela ne veut pas dire que les scientifiques sont responsables des maux de notre société. Au contraire, l'étude de cette appartenance montre que ce conditionnement limite la croissance de la science, et que le progrès de la connaissance est lié fondamentalement aux forces sociales progressistes de l'histoire des sociétés. Il suit que la caractérisation sociale du procès d'appropriation scientifique de la nature implique l'identification scientifique des forces sociales en présence, et donc l'identification du porteur réel du PST. Celui-ci ne peut être que l'instance sociale qui a un intérêt objectif à s'approprier la connaissance de la nature et en même temps celle de la société elle-même. La dialectique de la nature se détermine comme dialectique de l'histoire et pense son lien organique aux masses populaires.

Dès lors l'importance du chapitre VI (les tâches de la dialectique dans la compréhension et transformation de la société) peut apparaître. Il s'agit là, sans doute, de pages qui devraient donner naissance à d'intenses discussions. Car elles sont

aussi stimulantes que problématiques. Geymonat en quelque sorte achève de purifier ce que toute son entreprise pouvait avoir gardé de trop objectiviste, en raison de son lien privilégié aux seules sciences exactes et naturelles. Il thématise explicitement toute la charge politique. Car il n'est pas possible d'ériger l'histoire de la connaissance scientifique en entité séparée du mouvement général de la pratique sociale. La réalité à laquelle se réfère la science doit être élargie aux dimensions du complexe Nature-Histoire. Il ne suffit pas d'avoir rendu au marxisme sa dimension objective, sa capacité de se confronter aux sciences de la nature (et ce contre l'interprétation historiciste idéaliste dominante en Italie). Il faut encore recomposer dialecticité et politicité, en faisant du matérialisme dialectique l'enjeu et l'instrument conscient d'un renouvellement de la science de l'histoire, et du processus révolutionnaire que cette science étudie. Le matérialisme dialectique intervient pour en quelque sorte rectifier le matérialisme historique, pour tester la capacité actuelle du matérialisme historique à être l'analyste sérieux de la société actuelle et de ses contradictions motrices. Geymonat en effet projette sur la réalité historique contemporaine les résultats qu'il a lui-même obtenus par son analyse de la « croissance de la science et de sa rationalité ». Les catégories de l'histoire de la science, et plus particulièrement le couple 'Théorie scientifique/PST', sont utilisées analogiquement, hors de leur sphère de validité première, pour renouveller notre compréhension de la pratique sociale, et plus précisément notre intelligence du rapport individus-classes-masses. Si pour l'individu agir rationnellement ne consiste pas tant à agir selon les normes des systèmes juridiques en vigueur, mais en fonction des intérêts qui se déterminent d'abord sur le terrain contradictoire du social, si ce terrain contient les instances productrices de formes supérieures de rationalité, il suit que l'individu ne peut accéder à l'intelligence du processus historique que s'il identifie les structures objectives de la société et les contradictions motrices. Ces structures objectives de la société se concentrent en quelque sorte dans la détermination des classes sociales et leurs luttes. Mais à son tour le rapport individu/classes n'est pas simple: dans nos sociétés, il se réalise en se concentrant dans le rapport individus/partis de masse, lesquels s'autodéfinissent comme représentants des intérêts de classes. Tout se passe comme si la nature objective des contradictions sociales se condensait dans le rapport classes/partis.

Ainsi, et c'est l'hypothèse de Geymonat, les modifications du capitalisme de monopole entrainent une altération antidémocratique de l'Etat-Nation, où se situe la lutte des classes (et l'exploitation). La domination monopoliste contient la liquidation à terme de toute démocratie réelle. Cette tendance anti-démocratique constitue le terrain imposé aux grands partis populaires de masse: ceux-ci, pour faire face aux exigences nouvelles du combat, doivent se donner une organisation de plus en plus centralisée. De ce fait, pour être efficaces, ils sont conduits à se donner des structures et des pratiques non démocratiques qui les éloignent des masses qu'ils représentent. Dès lors les masses ne peuvent manifester leur charge antagoniste à l'ordre établi qu'en se donnant des formes d'organisation, soustraites à la formalisation bureaucratique du parti. Paraissant irrationnelles, ces formes constituent comme les prémisses d'une rationalité sociale supérieure, encore à venir. Les Partis sont aux masses ce que les théories scientifiques sont au PST: tout comme les théories ne se justifient que pour autant qu'elles représentent des solutions aux problèmes qui naissent dans le tissu du PST, de même les partis de masse ne se justifient que pour autant qu'ils formalisent réellement les problèmes des masses, le patrimoine de charge sociale. Dans les deux cas, l'élément dominant du rapport

est ce second terme, car il est riche de dynamicité, car il contient en lui le moteur des contradictions.
Au nom de cette analogie, l'ultime tâche de la philosophie matérialiste et dialectique apparaît comme une tâche révolutionnaire: elle est de penser le double ajustement des théories au PST et des partis à la dynamicité contradictoire des masses. Elle est de penser la simultanéité de la révolution scientifique et de la révolution pratique. Le matérialisme dialectique prend position contre tout compromis idéologique, et se pense comme agent d'une révolution culturelle qui doit plus au Mao (de 1968) qu'à Lénine ou à Gramsci. Il s'agit non seulement de rendre la culture scientifique formulable et appropriable par les masses, c'est-à-dire par ses producteurs indirects, au moyen de l'élaboration d'une conception du monde unitaire; il s'agit de faire prendre conscience aux masses de leur place dans le processus social, de les mettre en mesure de se rendre capable d'être *in re* ce que la science de la pratique sociale les identifie, les protagonistes réels de la civilisation. Ainsi s'appropriant la culture, les masses la transforment dans ses modalités et formes d'élaboration, la sauvent en la fonctionnalisant à leur seul intérêt à long terme, l'intérêt à transformer radicalement l'ordre social existant. Le matérialisme dialectique ne se borne pas à unifier (et articuler) l'image de la nature, il restitue cette image à la perception des forces vives de l'histoire. Car les masses ont besoin de se comprendre comme le vrai patrimoine à développer, et pour ce, elles ont besoin de se connaître pour ce qu'elles sont. Elles ont besoin que la philosophie les mette en situation d'accéder à la saisie objective de leur capacité transformatrice. Car c'est celle-ci en dernière instance qui représente la forme élargie et supérieure de rationalité, celle là même que seule une approche dialectique, et non logico-axiomatique, peut délivrer. Contre le formalisme stérilisant des partis piégés par la structure des rapports sociaux qu'impose l'adversaire de classe, le seul recours est l'intervention, apparemment informelle mais en réalité seule formatrice, des masses, éclairées par l'intervention philosophique individuelle des porteurs de la science du processus global.

Cette réactivation du matérialisme historique par l'importation en une de ses parties vives du couple catégoriel Théories/PST n'est pas sans faire question. Avant toute chose, disons que ce qui est problématique ce n'est pas tant la réalité du problème, car il se pose; mais plutôt la voie choisie pour sa position même. Que vaut en effet cette analogie? A-t-elle une position simplement polémique ou véritablement cognitive? Les termes mis en rapport sont-ils vraiment analogues? Cette analogie est-elle construite de manière critique ou a-t-elle avant tout une dimension pédagogique ou même exhortatoire? Nous formulerons à ce propos quelques remarques.
a) Toute analogie ne tient que de la démonstration de la comparabilité des termes mis en rapport. Seule cette démonstration autorise le transfert d'un rapport validé dans une zone phénoménale à une autre zone. Or, ici la dissymétrie des termes 'inférieurs' du rapport frappe. En effet l'assimilation du parti de masse à une théorie scientifique axiomatisable fait difficulté. Geymonat en effet donne à la théorie scientifique mathématisable une dignité qu'il ne donne pas au parti. N'est-ce pas lui qui, contre Engels et Lénine, a reconnu aux théories mathématiques un rôle essentiel et unificateur dans les sciences de la nature? N'est-ce pas lui, plus que quiconque, qui a souligné le caractère irrecevable de toute conception simplement linguistique des mathématiques, soulignant leur capacité à réfléchir dans leur logique interne la logique même de la nature? Les notes ici proposées ne font pas

subir à la notion de parti de masses comme instance axiomatique le même traitement. Le formalisme des partis est revêtu d'un signe exclusivement négatif. Si une théorie n'est valide que si elle résout dans sa sphère des problèmes du PST, il semble que le parti ait plus que la théorie destination de traduire et de trahir la charge de transformation sociale venue des masses et de la dynamicité des contradictions dont elles constituent un pôle.

b) L'évaluation positive des masses a la même surcharge par rapport à l'évaluation parallèle du PST. Celui-ci était reconnu comme incluant des éléments arriérés du sens commun, des erreurs, des obstacles. Au contraire les masses sont créditées *a priori* d'une excellence ontologique qui n'inclut pas la persistance des éléments d'arriération, ou d'illusion. Tout se passe comme si en se transportant sur le terrain de la pratique sociale, l'analogie subissait un processus de radicalisation et de polarisation extrèmes, que nulle analyse concrète, nulle différenciation conceptuelle ne venait tempérer. Il s'ensuit qu'à la limite le formalisme du parti ne se corrige qu'en s'inversant dans le spontanéisme des masses, agissant contre ou en tout cas hors de l'axiomatique du parti.

c) Comment dès lors ne pas être frappé par le caractère très générique de cette opposition dialectique? Pas plus que la notion de PST n'était soumise à une analyse différenciée, celle de masse n'est caractérisée. Il suffit d'un simple renvoi aux proposition très générales d'un marxisme simplifié pour que les masses reçoivent l'imposition de la dynamicité, de la dialecticité, contre la stabilité et le formalisme de parti. Le processus historique invoqué pour rendre raison de l'exacerbation de cette opposition (l'attaque monopoliste à toute forme démocratique) n'est qu'une indication, et celle-ci ne saurait tenir lieu d'une explication matérialiste historique. Sur ce point, on attend avec impatience les nécessaires analyses, y compris les analyses concrètes de situation concrètes, qui seules peuvent ôter à cette analogie sa généricité.

d) Du même coup, cette analogie risque autant de stimuler (en engageant vers ces analyses) que d'induire à des exploitations suridéologisées. Si cette analogie est prise pour ce qu'elle n'est pas, une explication, elle peut simplement aboutir à l'utilisation idéologique du matérialisme dialectique et des résultats épistémologiques de celui-ci par toute révolte spontanée. Le détournement d'une histoire de la croissance de la science pour justifier toute rébellion en la parant du titre de forme inchoative et non axiomatisée de rationalité supérieure est ici un risque que l'auteur ne s'efforce pas de prévenir. Probablement parce qu'il pense que ce risque est aujourd'hui moins grand que celui de la formalisation de la dialectique politique. Mais alors pourquoi ne pas s'engager dans la critique détaillée, matérialiste et historique (et pas seulement épistémologique) de ce problème?

e) Pourquoi Geymonat ne fait-il pas sur ce problème ce qu'il fait pour la philosophie des sciences? Pourquoi ne se confronte-t-il pas aux points hauts du débat marxiste sur le rapport parti/masse? De Kautsky à R. Luxembourg, de M. Adler à Lénine, de Gramsci à Togliatti, beaucoup a été pensé et réalisé sur ce problème qui concerne la fusion de la théorie et de la pratique. L'état actuel de l'analogie geymonatienne est très en retrait sur toutes ces élaborations. Et la référence privilégiée à Mao ne peut faire oublier que Mao n'est pas autrement examiné que sur le mode de la référence autorisée.

f) Dès lors, outre les exploitations idéologiques auxquelles elle peut donner lieu, cette analogie, loin de pouvoir se transformer en puissance logico-dialectique, risque de se transformer en appel individuel et pathétique. Appel double d'ailleurs: car il s'agit d'un appel au parti pour qu'il se réforme, se dialectise, en se désaxiomati-

sant. Mais aussi et surtout d'un appel aux masses pour qu'elles obligent le parti enfermé dans son formalisme à se réformer ou à périr, à laisser place à d'autres formes organisationnelles plus à même de prendre en charge la dynamicité sociale. Mais ici la question se pose: en son état actuel, cet appel peut-il être entendu? Entendu au sens fort, c'est-à-dire être inducteur de nouvelles capacités d'entendement, de détermination des formes nouvelles d'organisation dont le besoin est réel?

On pourra trouver sévères ces remarques. Mais cette sévérité n'est que la volonté de discuter sérieusement avec un auteur sérieux. Car, malgré toutes ces réserves, L. Geymonat nous interpelle aujourd'hui avec une gravité provocatrice. Il est vrai qu'aujourd'hui toute la philosophie matérialiste dialectique se condense dans la question du parti de masse. Il est vrai que ce que le parti est à la pratique des masses, à savoir leur organisation, leur forme concentrée, cela même la dialectique matérialiste l'est à la théorie de la classe ouvrière et des masses populaires, à savoir son organisation, le lieu où se rassemblent les contradictions et où s'élaborent les conditions de leur résolution. Il est vrai qu'aujourd'hui le double processus d'appropriation sociale de la nature et de transformation des rapports sociaux se noue, non pas sur la question de l'Etat, mais sur celle du Parti, de sa capacité à servir les masses pour transformer l'Etat. Si les problèmes que soulève Geymonat excèdent la capacité de l'analogie, qu'il construit pour leur solution, il n'en reste pas moins que cette analogie est l'index d'un problème irrésolu dans la pratique et dans la théorie. C'est sur cette difficulté qu'aujourd'hui la rationalité dialecticienne doit travailler pour en faire une voie de conduction vers plus de connaissance, vers plus de connaissance de la nature et de la société, pour une libération effective des masses par les masses. Souhaitons pouvoir non seulement élargir la rationalité, mais approfondir la rationalité marxiste sur elle-même. Car le Parti est aujourd'hui son point aveugle. Si nous pouvons discuter la généricité de l'hypothèse de Geymonat, il nous reste à faire ce que lui-même fait depuis trente ans, prendre nos responsabilités pour donner une réponse plus vraie et plus libératrice, celle-là même que l'auteur souhaite sans doute.

ANDRÉ TOSEL

GEYMONAT, L.

Scienza e realismo

Series: Filosofia della scienza, Vol. 17
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
180 pp., L. 6.000

Si tratta in questo caso di un libro importante per i problemi che affronta e per la cesura che determina nell'opera dell'autore. In esso L. Geymonat svolge in certo modo il bilancio di una riflessione trentennale sulla filosofia della scienza contemporanea. Allo stesso tempo egli rinnova il proprio pensiero tematizzando in modo esplicito una dimensione politico-culturale, presente da sempre, ma relegata in qualche maniera su una specie di sfondo. Ecco perché questo libro si presenta come una ricerca complessa, che si articola in due momenti di ineguale sviluppo. Il primo momento (capitoli I-IV) presenta da un nuovo punto di vista la filosofia materialista e dialettica come la sola capace di integrare in modo critico le correnti dominanti dell'epistemologia contemporanea e formula ciò che è il proprio oggetto, uno studio scientifico del processo di crescita delle scienze come processo storico, retto dalle leggi proprie di ogni processualità (dinamicità, ruolo motore delle contraddizioni). Il secondo momento (capitoli V e VI), più incisivo e anche più problematico, dà a questo materialismo dialettico, adeguato alle scienze esatte e naturali, la funzione teorico-politica, in ciò che si deve chiamare la lotta per una rivoluzione culturale di cui le masse popolari sono il protagonista.

1. L'insieme dei capitoli I-IV costituisce la formulazione più compiuta, classica, della risposta materialista e dialettica di Geymonat ai problemi della filosofia delle scienze contemporanee. Ancora una volta l'autore, lungi da ogni 'dia-mat', lungi da ogni nostalgia metafisica di una scienza delle scienze, da ogni super-logica fondatrice, affronta i punti alti raggiunti dall'epistemologia moderna, dal convenzionalismo di Schlick alle rielaborazioni di K. R. Popper, di Th. S. Kuhn o di Lakatos. Ricorda che il problema cruciale della filosofia è appunto, come hanno fatto vedere Engels e Lenin, di ordine gnoseologico. Le scienze hanno o no un valore conoscitivo? Aiutano o no a conoscere una realtà di cui si deve ammettere insieme all'intelligibilità l'irriducibilità ad una confisca immutabile e definitiva? Geymonat risponde affermativamente, ma lo fa integrando tutto ciò che di buono contiene la critica spietata del realismo ingenuo, condiviso dal senso comune e dai ricercatori militanti. Lo fa in nome di un realismo critico, purificato e superiore. Lo fa soprattutto rielaborando l'apparato categoriale a disposizione, legando in un modo nuovo totalità, oggettività, dinamicità.
Geymonat incomincia infatti con il riqualificare la categoria di totalità, così criticata e così mistificata dai suoi difensori (Lukács per esempio) (capitolo I). È questa categoria che gli consente l'integrazione critica e il superamento del convenzionalismo e che gli rende possibile dunque un'epurazione del materialismo dialettico. L'oggetto privilegiato di studio dell'epistemologia contemporanea è costituito dalle teorie scientifiche, considerate nella loro interna logicità, suscettibili di essere formalizzate e assiomatizzate. Queste teorie appaiono dunque come totalità plurali, chiuse e in polemica aperta con ogni concezione assolutistica del sapere come sapere di realtà fisse, immobili, trans-storiche. Il loro studio include la con-

siderazione del loro rimpiazzamento da parte di altre teorie, altrettanto chiuse e assiomatizzabili, ma più capaci delle precedenti di integrare certi dati osservazionali in quadri concettuali rifusi. Orbene, per Geymonat questa rappresentazione della scienza nel suo movimento è parziale e insufficiente: le teorie alle quali si applica legittimamente il trattamento logico-formale, e che pertanto sono delle convenzioni, non sono tutta la scienza nel suo concreto divenire. Le loro totalità chiuse e statiche costituiscono soltanto delle parti di un insieme più vasto, più articolato, di un'altra totalità, più totale, aperta, composta, quest'ultima, di elementi differenziati, non assiomatizzabile né formalizzabile. Solo questo insieme che include frammenti del linguaggio comune, concetti indeterminati, nozioni non ancora criticate, precedenti strati teorici di elaborazione permette di comprendere la funzione conoscitiva delle teorie: esso costituisce, nella sua specifica totalità, come la matrice produttrice che consente di identificare su quali problemi, rispetto a quali difficoltà, contro quali errori le teorie formalizzate costituiscono un progresso della conoscenza. L. Geymonat propone di chiamare questo insieme « patrimonio scientifico tecnico » (PST). È questo che deve essere analizzato dalla filosofia, nel suo rapporto con le teorie, dal momento che il suo stato storicamente determinato rende possibile tentare nuove strade, riformulare le teorie, sostituirle con delle migliori. È questo che il convenzionalismo si condanna a non ottenere, a non vedere, dal momento che si condanna ad usare soltanto il metodo logico-formale che conduce a una sorta di feticizzazione o assolutizzazione del momento 'teorico'. Il materialismo dialettico restituisce questo impensato che ha la dignità della prassi produttrice, ma non può fare ciò senza ricorrere ad un altro metodo, quello che spetta alle totalità fluide ed aperte, contradditorie e mobili, cioè al metodo dialettico. Contro il purismo neopositivista che non conosce se non delle totalità statiche e assiomatiche, la filosofia materialista e dialettica reintegra queste ultime nel loro tessuto connettivo e matriciale. Metodo dialettico, e non logica dialettica, poiché questa reintroduce l'idea impossibile di una super-scienza normativa che contesta la legittimità del trattamento formale. Un metodo che permette dunque di pensare l'unità di questo PST, anch'esso costituito dalla rete unitaria delle acquisizioni scientifiche, ma che comprende questa unità come unità molteplice, giacché il PST include elementi indeterminati, discutibili, punti di eresia che sono altrettante vie che conducono verso futuri approfondimenti. Molteplicità unitaria che è contemporaneamente processo e risultato, poiché le contraddizioni che la sostengono la costringono a passare indefinitamente da uno stato all'altro, a produrre nuovi concetti, nuovi metodi, nuove teorie. È per tale ragione che la filosofia della scienza include la dimensione tempo nel proprio concetto ed esige una concettualizzazione fluida. Essa si dà un oggetto inaccessibile al convenzionalismo troppo teoricista: la totalità del processo scientifico nel suo divenire contradditorio (capitolo II).

In pari tempo, l'approccio materialista dialettico consente di riconsiderare ad un livello superiore il problema del realismo, cioè dell'oggettività della conoscenza (capitolo III) legando precisamente totalità, dialetticità e oggettività in un'unica costellazione. Se il convenzionalismo ha ragione — ed è un merito importante — di criticare l'evidenza sedicente naturale del senso comune dell'uomo qualunque e del buon senso spontaneo dei ricercatori, esso tuttavia non riesce a dare una risposta soddisfacente al problema della realtà. Il suo punto di forza risiede nella *pars destruens*': giacché problematizza ogni ricorso dogmatico a una base ontologica della realtà, che trascenderebbe il mondo delle percezioni, così come mostra che la resistenza che il mondo offre ai nostri sforzi non ha senso che nell'articolazione

con le strategie conoscitive, e queste sono il correlato ineliminabile della « produzione » [della conoscenza] del mondo. Il convenzionalismo ricorda giustamente che il passaggio dai fenomeni percepiti alla loro conoscenza per mezzo della costruzione di nuovi enti teorici esige un concetto di esistenza, inseparabile dal processo di costruzione scientifica. Il convenzionalismo soffre però di un'inguaribile debolezza nella sua '*pars construens*': se è vero che le scienze dipendono da principi che dovrebbero venire accettati come veri soltanto per un certo settore fenomenico, e sotto talune condizioni di validità transitorie, nulla toglie che per questi settori, sotto queste condizioni, questi principi siano veri. Se la conoscenza non esige più un concetto assoluto di verità, ma un concetto relativo, questa relatività non significa relatività scettica né agnosticismo. Ciò di cui il convenzionalismo non tiene conto è la processualità oggettiva del movimento di verifica, conferma. Una 'convenzione' non è vera perché riesce (pragmatismo), ma riesce perché è (relativamente, ma oggettivamente) vera. La sua riuscita ha una portata di conferma da e nella prassi. Il successo pratico non si oppone al criterio conoscitivo, lo implica. Il problema dell'oggettività si determina nel suo rapporto con il criterio della prassi, intendendo quest'ultima come prassi sociale. E tale criterio, a sua volta, si lega alla specificità che il momento dell'approfondimento rappresenta nel processo di appropriazione conoscitiva. Il convenzionalismo presuppone questo momento, ma non può giustificarlo: come infatti affermare la successione di convenzioni, migliori o più utili, senza proporsi nei fatti il concetto di approfondimento e ciò che fonda *in re* il riferimento a livelli oggettivi della realtà sempre meglio approssimati. L'approccio materialista dialettico, dal momento che individua il processo totale della conoscenza come processo di successivi approfondimenti, elimina la difficoltà del convenzionalismo. Le scienze accedono alla realtà: allargano la nostra concezione della razionalità approfondendo la realtà fino alla sua dimensione temporale. L'idea moderna di verità e di oggettività implica l'inserimento di conoscenze sempre più approssimate in una catena di conoscenze transitorie *in fieri*. All'adeguatezza assoluta, mito meccanicista e metafisico, si sostituisce, più laicamente, l'approssimazione relativa.

Da questo momento in poi, la filosofia materialista e dialettica delle scienze può identificare più precisamente il suo oggetto: si tratta dello studio scientifico della crescita delle scienze. E questo oggetto è solidale ad un obiettivo, l'allargamento della razionalità, al di là della sfera logico-formale (capitolo IV). Infatti questo processo di passaggio dall'ignoranza alla conoscenza che definisce la storia della scienza e la sua crescita non è giustificabile da una razionalità che il filosofo da solo costruirebbe od imporrebbe. Questa razionalità non si riduce ad una 'ricostruzione razionale' convenzionale, essa implica il suo immanente ancorarsi nella cosa stessa. Ciò che vale per il rapporto tra le scienze e il loro oggetto reale vale per il rapporto tra la scienza della storia della scienza e il suo oggetto reale: il convenzionalismo non coglie i due rapporti per lo stesso motivo che lo rende incapace di giustificare la tesi della realtà del processo conoscitivo. Siccome ogni scienza presuppone una tesi di realtà e un processo di approfondimento di questa realtà, la scienza della scienza (ma definita in maniera critica) presuppone vuoi tale tesi vuoi tale processo. Il filosofo delle scienze non è un super-scienziato, è un ricercatore scientifico accanto, in mezzo ad altri. In pari tempo il materialismo dialettico si definisce come scienza specifica della storia delle scienze, essendo inteso che il luogo, l'oggetto di questo processo di approfondimento è e rimane il PST. A queste condizioni risulta possibile instaurare di nuovo la linea di demarcazione che oppone sapere e non sapere ed evitare i guasti di un neo-marxismo irrazionalista che

è indotto a fare della scienza un'ideologia specifica, a ridurla puramente e semplicemente alla sua condizione di elemento della sovrastruttura, denunciandola come 'borghese' o 'capitalista', senza prendersi la briga di considerarla nel suo contenuto propriamente 'scientifico', di appropriazione conoscitiva della natura.

Il materialismo dialettico si formula così costituendosi attraverso la critica ponderata ma inflessibile delle correnti dominanti dell'epistemologia. Già a questo punto potremmo interrogare L. Geymonat e intavolare con lui una discussione.
a) Questa riconsiderazione dell'insieme categoriale 'Totalità-oggettività-processualità della crescita della scienza' consente di definire meglio il materialismo dialettico, fuori dai vicoli ciechi staliniani e zdanovisti. Lo statuto di questa filosofia resta indeterminato: se si concentra in studio scientifico della crescita della scienza e della sua razionalità, questa filosofia sembra identificarsi con una scienza particolare e siccome questa scienza è storica, siccome d'altro lato Geymonat la concepisce sul modello fornito da Marx per i processi storici, sembrerebbe che la filosofia materialista e dialettica si riduca ad una parte o regione del materialismo storico, vale a dire la scienza materialista storica della storia della scienza. Certamente, questa scienza può essere costituita solo da e in una polemica teorica che leghi oggettività-totalità-processualità coinvolgendo discussioni categoriali. Ma la parte di questa discussione e dunque lo statuto specifico del categoriale rimane indeterminato.
b) Geymonat sembra indicare che la filosofia va al di là della storia scientifica o scienza storica della scienza giacché spetta alla filosofia esplicitare, difendere, riformulare la razionalità inerente al processo che essa studia come scienza e impegnare una battaglia per un ampliamento della razionalità in una prospettiva dialettica. Spetta alla filosofia lottare contro ogni rappresentazione erronea, parziale della conoscenza. Questa funzione antagonista le conferirebbe un nuovo spessore. Benissimo, ma resta da tematizzare al suo interno questa funzione investita di primo acchito nella messa a punto di uno studio scientifico della crescita della scienza.
c) Per quanto riguarda questo studio in quanto tale, sarebbero desiderabili degli approfondimenti analitici in ordine alla centrale nozione di Patrimonio scientifico tecnico e in ordine al rapporto dialettico tra questo PST e le teorie assiomatizzate. Bisogna probabilmente rinviare questa elaborazione a precise indagini, e considerare questi concetti come altrettanti strumenti da mettere alla prova e da affinare trattando la 'materia', un dato stato del PST su un dato settore. Ma il carattere generalissimo delle determinazioni polari utilizzate per definire ogni termine del rapporto, il PST e le teorie, costituisce un problema. Da una parte si ha l'ambito dell'assiomatizzabile (e dell'assiomatizzato), della totalità chiusa e statica, della concettualizzazione formalizzante e logica, della neutralizzazione della variabile tempo e dell'eliminazione della contraddizione. Dall'altra parte si ha l'ambito del non assiomatizzabile (e del non assiomatizzato) della totalità aperta e dinamica, della concettualizzazione dialettica, dell'integrazione della variabile tempo e di quella della contraddizione, come potenza motrice del processo. Bisognerebbe precisare di più il ruolo delle teorie, quindi della logica, e ciò situandosi dallo stesso punto di vista del PST, poiché questo costituisce in certo modo una istanza produttrice, che senza essere un fondamento gnoseologico, è dotato di una potenza meta-teorica, o piuttosto matriciale nei confronti di ogni teoria. Il polo che costituisce questo PST possiede qui delle proprietà specifiche ancora insufficientemente analizzate: esso è ciò che ingloba le teorie che sono una delle sue parti, è anche il loro zoccolo primitivo ed ha la proprietà di costituirsi in istanza metateorica poiché può riflettere il suo altro comprendendosi come unità di se stesso

e di questo altro. Se si deve eliminare ogni logica dialettica bisognerebbe riesaminare a questo punto il problema, giacché il ricorso 'filosofico' al PST induce degli effetti di importazione da una logica di tal genere, e rischia di lasciare spazio a interpretazioni troppo generiche e non regolate criticamente. Ciò in ragione della globalità stessa dell'opposizione tra PST e Teoria.

d) Ci si può stupire che Geymonat non abbia consacrato più spazio a questa determinazione del PST e che a tale proposito non abbia ripreso, rettificato, se ce ne fosse stato bisogno, la classica concettualizzazione nei termini di ideologia. Nella medesima prospettiva ci si sarebbe potuti attendere un confronto con alcune analisi di L. Althusser (in *Philosophie et Philosophie spontanée des Scientifiques*, Maspéro, Paris, 1975) che riprendeva delle formulazioni di Lenin. Parimenti ancora, il rapporto tra ideologia, senso comune, linguaggio comune, concezione del mondo tratteggiato da A. Gramsci avrebbe potuto consentire una caratterizzazione di questo PST. Più in generale si è sorpresi che Geymonat non si confronti qui, secondo la sua abitudine, con i punti alti della riflessione marxista in quanto tale. Parimenti infine perché Geymonat si attiene all'indicazione della semplice struttura formale della storia delle scienze, concentrata in questa coppia PST/Teorie? Se egli combatte a ragione talune correnti irrazionaliste che rivanno al marxismo per contestare l'oggettività delle scienze, perché non affronta il problema della materializzazione di questo PST, della sua iscrizione nel sistema delle forze produttive in cui proprio Marx l'ha sempre collocato? Che questo PST abbia un aspetto oggettivo, sul piano teorico, non toglie che sotto un altro aspetto esso si condensi in apparati materiali situati per esempio nel processo di produzione. Nella stessa linea, ci si potrebbe domandare se il PST è retto da un proprio modo di produzione, se si può avanzare l'idea di specifici rapporti di produzione che strutturano questo PST e responsabili della specificità degli stati attraverso i quali esso può passare. In breve si potrebbe qui tentare di pensare la contemporaneità logica del processo di appropriazione scientifica della realtà (della natura) e del processo di appropriazione sociale della natura (produzione, politica). Queste precisazioni potrebbero evitare l'urto di ritorno di una interpretazione troppo formalista della concettualizzazione geymonatiana della storia della scienza.

2. Il secondo momento — capitoli V e VI — costituisce l'apporto più nuovo. Il capitolo V (sulla natura e l'uomo) mostra che l'interpretazione corretta del PST permette di allargare il concetto di realtà trasformando per prima cosa la nostra idea di ordine naturale. Il materialismo dialettico geymonatiano riqualifica, sotto condizioni date, la dialettica della natura. Integrando ancora una volta la critica convenzionalista, Geymonat mostra che si deve rinunciare al concetto tradizionale (meccanicista e metafisico) dell'ordine naturale come sistema rigorosamente ordinato secondo leggi deterministe assolute. Bisogna ugualmente superare l'antinomia propria a questa concezione della natura e che concerne lo statuto dell'intervento umano sulla natura: o l'ordine naturale non lascia alcuno spazio a questo intervento oppure questo intervento è non solo possibile, ma così decisivo che l'ordine naturale appare come un ordine che noi stessi imponiamo alla natura. Geymonat intende preservare allo stesso tempo l'oggettività relativa della conoscenza della natura (e del suo ordine) e l'appartenenza naturale dell'intervento umano. Egli propone perciò una concezione dialettica della natura, in grado di offrire una visione unitaria dei processi naturali senza rimettere in causa la specificità degli ambiti di validità delle particolari teorie. Questa unità non può dunque che essere ricercata nel PST: è l'idea di un ordine determinato in maniera gra-

duale, che varia nel tempo, che presenta delle specificità (biologico, umano, sociale) che soltanto le particolari teorie determinano. In questa visione unitaria ed articolata, la filosofia non deve garantire dall'esterno il contenuto specifico delle diverse teorie. Così e allo stesso momento, l'intervento umano può venire compreso nell'ordine naturale: la dialettica della natura include l'intervento (naturale e sociale insieme) dell'uomo nella natura. La natura include infatti la prassi sociale dell'uomo come una delle sue forme e momenti. L'intervento umano è forma e momento del complesso processo al termine del quale si realizza l'ordine naturale, forma e momento che può modificare dall'interno il processo naturale di cui essa è un fattore. La scienza appare dunque anche come forma di questa dialettica della natura, come rapporto tra il fattore uomo e gli altri fattori.

Conseguentemente, bisogna affermare una « non-neutralità filosofica e pratica della scienza ». Non-neutralità filosofica anzitutto, giacché ogni avanzamento scientifico fa parte del PST, conducendo a una sua ristrutturazione obbligata, eliminando antiche mitologie, concezioni del mondo scadute. Soltanto la riflessione filosofica può portare alla luce questa 'carica militante' della scienza, dal momento che gli scienziati, rinchiusi nelle loro necessarie specializzazioni non sono in grado di formulare spontaneamente questa nuova concezione generale della natura che le scienze producono quasi a loro insaputa. Alla filosofia il compito di rendere esplicita la dimensione teorica generale che la nuova rete teorica tesse oggettivamente. Solo la filosofia materialista dialettica può organizzare questo tessuto, senza fondarlo speculativamente, dando così accesso per ogni scienziato e per gli uomini comuni alla dimensione teorica effettiva che costruisce la crescita della scienza, liquidando errori, pregiudizi, vecchie concezioni del mondo. L'idea moderna della natura si manifesta così nella sua capacità di dissolvere le nozioni incompatibili con lo stato attuale del PST: essa allarga la ragione. Non-neutralità pratica poi perché a sostegno della portata oggettiva rivoluzionaria degli elementi innovatori del PST, la filosofia materialista e dialettica obbliga a porre il problema delle contraddizioni tra la crescita del PST e la sua iscrizione nell'insieme dei rapporti sociali. Senza mistificare il progresso scientifico, ma senza negarlo, Geymonat pensa così la crescita della scienza nella sua interiorità al processo storico della prassi sociale, identificando quest'ultima in termini di lotta di classe. Se le forme e i risultati dell'attività conoscitiva sono condizionati dall'appartenenza di questa ad una società di sfruttamento e di dominio, ciò non significa che gli scienziati sono responsabili dei mali della nostra società. Al contrario, lo studio di questa appartenenza mostra che tale condizionamento limita la crescita della scienza e che il progresso della conoscenza è fondamentalmente legato alle forze sociali progressiste della storia della società. Ne discende che la caratterizzazione sociale del processo di appropriazione scientifica della natura implica l'identificazione scientifica delle forze sociali presenti e dunque l'identificazione del reale portatore del PST. Questo non può essere che l'istanza sociale che ha un interesse oggettivo ad appropriarsi della conoscenza della natura e contemporaneamente di quella della società come tale. La dialettica della natura si determina come dialettica della storia e pensa il suo legame organico con le masse popolari.

Può apparire di conseguenza l'importanza del capitolo VI (i compiti della dialettica nella comprensione e trasformazione della società). Si tratta qui, senza dubbio, di pagine che dovrebbero far scaturire intense discussioni. Esse sono infatti tanto stimolanti quanto problematiche. Geymonat porta a termine in certo modo una purificazione di ciò che tutta la sua impresa poteva avere mantenuto di troppo oggettivistico, in ragione del legame privilegiato con le sole scienze esatte e naturali.

Egli tematizza esplicitamente tutto l'impegno politico. Non è infatti possibile erigere la storia della conoscenza scientifica come un'entità separata dal movimento generale della prassi sociale. La realtà alla quale la scienza fa riferimento deve essere allargata alle dimensioni del complesso Natura-Storia. Non basta aver reso al marxismo la sua dimensione oggettiva, la sua capacità di confrontarsi con le scienze della natura (e ciò contro l'interpretazione storicista idealista dominante in Italia). Bisogna ancora ricomporre dialetticità e politicità, facendo del materialismo dialettico la posta in gioco e lo strumento consapevole di un rinnovamento della scienza della storia e del processo rivoluzionario che tale scienza studia. In un certo senso il materialismo dialettico interviene per rettificare il materialismo storico, per saggiare la capacità attuale del materialismo storico come serio analista della società attuale e delle sue contraddizioni motrici. Geymonat proietta infatti sulla realtà storica contemporanea i risultati da lui ottenuti attraverso l'analisi della « crescita della scienza e della sua razionalità ». Le categorie della storia della scienza, e più particolarmente la coppia 'Teoria scientifica/PST' sono utilizzate in via analogica, fuori dalla loro sfera di originaria validità per rinnovare la nostra comprensione della prassi sociale e più precisamente la nostra intelligenza del rapporto individui-classi-masse. Se per l'individuo agire razionalmente non significa tanto agire secondo le norme dei sistemi giuridici in vigore, ma in funzione degli interessi che si determinano anzitutto sul terreno contradditorio del sociale, se questo terreno contiene le istanze produttrici delle forme superiori di razionalità, risulta che l'individuo non può accedere all'intelligenza del processo storico a meno di identificare le strutture oggettive della società e le contraddizioni motrici. Tali strutture oggettive della società si concentrano in qualche modo nella determinazione delle classi sociali e delle loro lotte. Ma a sua volta il rapporto individuo/classi non è semplice: nelle nostre società esso si realizza concentrandosi nel rapporto individui/partiti di massa, i quali si autodefiniscono come rappresentanti degli interessi di classi. Tutto ciò avviene come se la natura oggettiva delle contraddizioni sociali si condensasse nel rapporto classi/partiti.

In questo modo, ed è questa l'ipotesi di Geymonat, le modificazioni del capitalismo monopolistico comportano un'alterazione anti-democratica dello Stato-Nazionale nella quale si colloca la lotta di classe (e lo sfruttamento). Il dominio monopolista contiene la liquidazione a termine di ogni reale democrazia. Questa tendenza anti-democratica costituisce il terreno imposto ai grandi partiti popolari di massa: per fare fronte alle nuove esigenze di lotta, questi ultimi devono darsi una organizzazione sempre più centralizzata. A partire da ciò, per essere efficaci, sono portati ad assumere delle strutture e dei metodi non democratici che li allontanano dalle masse che essi rappresentano. Ne viene che le masse non possono manifestare la loro carica antagonista nei confronti dell'ordine stabilito se non dandosi forme di organizzazione sottratte alla formalizzazione burocratica del partito. All'apparenza irrazionali, tali forme costituiscono quasi le premesse di una superiore razionalità sociale, ancora da venire. I Partiti stanno alle masse come le teorie scientifiche stanno al PST: esattamente come le teorie non si giustificano che in quanto esse rappresentano delle soluzioni ai problemi che nascono nel PST, così pure i partiti di massa non si giustificano che in quanto essi formalizzano realmente i problemi delle masse, il patrimonio di carica sociale. In entrambi i casi, l'elemento dominante del rapporto è questo secondo termine, giacché esso è ricco di dinamicità ed in esso è contenuto il motore delle contraddizioni.

In nome di questa analogia, il compito finale della filosofia materialista e dialet-

tica appare come un compito rivoluzionario: quello cioè di pensare il duplice adeguamento delle teorie al PST e dei partiti alla dinamicità contradditoria delle masse. Tale compito consiste nel pensare la simultaneità della rivoluzione scientifica e della rivoluzione pratica. Il materialismo dialettico prende posizione contro ogni compromesso ideologico e si pensa come agente di una rivoluzione culturale che è più debitrice al Mao (del 1968) che a Lenin e a Gramsci. Si tratta non solo di rendere la cultura scientifica formulabile e appropriabile da parte delle masse, cioè dai suoi indiretti produttori grazie ad un'unitaria concezione del mondo, ma si tratta di far prendere coscienza alle masse del loro posto nel processo sociale, di metterle in grado di rendersi capaci di essere *in re*, ciò che la scienza della prassi sociale li identifica, i reali protagonisti della civiltà. Le masse, appropriandosi in tal modo della cultura, la trasformano nelle sue modalità e forme di elaborazione, la salvano funzionalizzandola al loro unico interesse a lungo termine, l'interesse di trasformare radicalmente l'ordine sociale esistente. Il materialismo dialettico non si limita ad unificare (ed articolare) l'immagine della natura, ma restituisce tale immagine alla percezione delle forze vitali della storia. In realtà le masse hanno bisogno di comprendersi come l'autentico patrimonio da sviluppare e per questo esse hanno bisogno di conoscersi per quelle che sono. Hanno bisogno che la filosofia le metta in condizioni di accedere alla comprensione oggettiva della loro capacità trasformatrice. È infatti proprio questa che rappresenta in ultima analisi la forma allargata e superiore di razionalità, quella stessa che soltanto un approccio dialettico, e non logico-assiomatico, può far affiorare. Contro il formalismo isterilente dei partiti intrappolati dalla struttura dei rapporti sociali imposta dall'avversario di classe, il solo scampo è l'intervento, apparentemente informale ma in realtà l'unico formatore, delle masse illuminate dall'intervento filosofico individuale dei portatori della scienza del processo globale.

Tale riattivazione del materialismo storico per mezzo dell'importazione in una delle sue parti vitali della coppia categoriale Teorie/PST non è esente dal suscitare problemi. Diciamo prima di ogni altra cosa che ciò che è problematico non è tanto la realtà del problema, dal momento che esso si pone, ma piuttosto la strada scelta per porlo. Che valore ha infatti questa analogia? Assume una posizione semplicemente polemica o autenticamente conoscitiva? I termini posti in rapporto sono davvero analoghi? Questa analogia è costruita in maniera critica o possiede prima di tutto una dimensione pedagogica o persino esortatoria? Formuleremo a questo riguardo alcune osservazioni.

a) Ogni analogia non considera che la dimostrazione della comparabilità dei termini posti in rapporto. Solamente questa dimostrazione autorizza il trasferimento di un rapporto convalidato in una zona fenomenica ad un'altra zona. Ebbene, qui la dissimetria dei termini 'inferiori' del rapporto colpisce. L'assimilazione del partito di massa ad una teoria scientifica assiomatizzabile presenta infatti delle difficoltà. Geymonat in realtà dà alla teoria scientifica matematizzabile una dignità che non dà al partito. Non è forse lui che ha riconosciuto contro Engels e Lenin, un ruolo essenziale e unificatore nelle scienze della natura alle teorie matematiche? Non è forse lui che ha sottolineato, più di chiunque altro, il carattere inaccettabile di ogni concezione semplicemente linguistica delle matematiche sottolineando la loro capacità di riflettere nella loro interna logica la logica stessa della natura? Le note qui proposte non fanno invece subire alla nozione di partito delle masse, quale istanza assiomatica, lo stesso trattamento. Il formalismo dei partiti assume un aspetto esclusivamente negativo. Se una teoria è valida sol-

tanto quando risolve nella propria sfera dei problemi del PST, sembra che il partito abbia più della teoria la destinazione di tradurre e di tradire la carica di trasformazione sociale che viene dalle masse e dalla dinamicità delle contraddizioni di cui costituiscono un polo.

b) La positiva valutazione delle masse è ugualmente sovraccaricata rispetto alla parallela valutazione del PST. Quest'ultimo era riconosciuto come includente degli elementi arretrati del senso comune, degli errori, degli ostacoli. Le masse sono invece accreditate a priori di un'eccellenza ontologica che non include il persistere di elementi di arretramento, o di illusione. Tutto si svolge come se, trasportandosi sul terreno della prassi sociale, l'analogia subisse un processo di radicalizzazione e di polarizzazione estreme, che nessuna analisi concreta, nessuna differenziazione concettuale potrebbe temperare. Al limite ne viene che il formalismo del Partito non si corregge che invertendosi nello spontaneismo delle masse, agendo contro o in ogni caso fuori dell'assiomatica del partito.

c) Come dunque non essere colpiti dal carattere molto generico di questa opposizione dialettica? Come la nozione di PST non era sottoposta ad un'analisi differenziata così quella di massa non viene caratterizzata. È sufficiente un rinvio alle propozioni generalissime di un marxismo semplificato perché le masse ricevano l'imposizione della dinamicità, della dialetticità, contro la stabilità e il formalismo di partito. Il processo storico invocato per dare atto dell'esacerbarsi di questa opposizione (l'attacco monopolista ad ogni forma democratica) non è che una indicazione la quale non potrebbe fare le veci di una spiegazione materialista storica. Su tale punto, ci si attende con impazienza le necessarie analisi, ivi comprese le analisi concrete delle situazioni concrete, che sole potranno togliere a questa analogia la sua genericità.

d) Parimenti, quest'analogia rischia tanto di stimolare (impegnando verso queste analisi) quanto di indurre a degli sfruttamenti surideologizzati. Se questa analogia è presa per quello che non è, una spiegazione, essa può semplicemente condurre alla utilizzazione ideologica del materialismo dialettico e dei suoi risultati epistemologici da parte di ogni rivolta spontanea. Il deviamento di una storia della crescita della scienza per giustificare ogni ribellione parandola del titolo di forma incoativa e non assiomatizzata di razionalità superiore è qui un rischio che l'autore non cerca di prevenire. Probabilmente perché pensa che tale rischio è oggi minore di quello della formalizzazione della dialettica politica. Ma perché non impegnarsi allora nella critica dettagliata, materialista e storica (e non soltanto epistemologica) di questo problema?

e) Perché Geymonat non fa su questo problema ciò che ha fatto per la filosofia delle scienze? Perché non si confronta ai punti alti del dibattito marxista sul rapporto partito/massa? Da Kautsky a R. Luxemburg, da M. Adler a Lenin, da Gramsci a Togliatti, molto è stato pensato e realizzato su questo problema che concerne la fusione della teoria e della prassi. Lo stato attuale dell'analogia geymonatiana è molto rientrante rispetto a tutte queste elaborazioni. E il riferimento privilegiato a Mao non può far dimenticare che Mao non viene esaminato in modo diverso dalla forma del riferimento che è stato autorizzato.

f) Di conseguenza, tale analogia, oltre agli sfruttamenti ideologici cui essa può dare luogo, lungi dal potere trasformarsi in potenza logico-dialettica rischia di trasformarsi in appello individuale e patetico. Duplice appello peraltro: giacché si tratta di un appello al Partito perché questo si riformi, si dialettizzi desassiomatizzandosi. Ma si tratta anche e soprattutto di un appello alle masse perché obblighino il partito rinchiuso nel suo formalismo a riformarsi o a perire, a far posto a nuove forme

di organizzazione più in grado di farsi carico della dinamicità sociale. Ma qui si pone l'interrogativo: nel suo stato attuale, questo appello può venire inteso? Inteso in senso forte, cioè indurre a nuove capacità di comprensione, di determinazione di nuove forme di organizzazione la cui esigenza è reale?

Si potranno trovare severe queste considerazioni. Ma questa severità non è che la volontà di discutere seriamente con un autore serio. Giacché, malgrado tutte queste riserve, L. Geymonat ci interpella oggi con una gravità provocatoria. È vero che oggi tutta la filosofia materialista dialettica si condensa nel problema del partito di massa. È vero che ciò che il partito è rispetto alla prassi delle masse, cioè loro organizzazione, loro forma concentrata, è ciò stesso che la dialettica materialista è rispetto alla teoria della classe operaia e delle masse popolari, cioè la sua organizzazione, il luogo dove si riuniscono le contraddizioni e dove si elaborano le condizioni della loro risoluzione. È vero che oggi il duplice processo di appropriazione sociale della natura e di trasformazione dei rapporti sociali si allaccia non sulla questione dello Stato, ma su quella del Partito, della sua capacità di servire le masse per trasformare lo Stato. Se i problemi che Geymonat solleva vanno al di là della capacità dell'analogia, che egli costruisce per la loro soluzione, resta nondimeno che questa analogia è l'indice di un problema irrisolto nella prassi e nella teoria. Su questa difficoltà la razionalità di tipo dialettico deve lavorare per farne uno sbocco verso un'accresciuta conoscenza, verso un'accresciuta conoscenza della natura e della società, per una effettiva liberazione delle masse da parte delle masse. Auspichiamo di potere non solo allargare la razionalità, ma di approfondire la razionalità marxista su sé medesima. Il Partito è oggi infatti il suo punto cieco. Se noi possiamo discutere la genericità dell'ipotesi di Geymonat, ci rimane da fare quanto egli ha fatto da trent'anni, assumere le nostre responsabilità per dare una risposta più vera e più liberatoria, quella stessa che l'autore probabilmente auspica.

ANDRÉ TOSEL

GEYMONAT, L.

Scienza e realismo

Series: Filosofia della scienza, Vol. 17
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
180 pp., L. 6.000

This is an important work, on account of the problems it deals with and the caesura it sets up in the author's writings. It can be said that here L. Geymonat assesses the results of his thirty-year long meditation on philosophy and contemporary science. At this same time he renews his thought by explicitly thematicizing a politico-cultural dimension, which had been present all along but to some extent relegated to the background. This is why the work at hand presents itself as a complex piece of research, articulated in two stages with different degrees of elaboration. The first (chapters I to IV) takes a fresh look at materialistic and dialectical philosophy as being the only philosophy able to integrate in a critical manner the prevailing trends in contemporary epistemology, and formulates its object: a scientific study of the process of development of the sciences as a historical process, governed by the laws inherent in all process phenomena (dynamicity, motor role of contradictions). The second stage (chapters V and VI), more incisive and also more problem-oriented, gives this dialectical materialism that has been adjusted to accord with the exact and natural sciences its theoretical-political charge, in what must be called the struggle for a cultural revolution which sees the popular masses as protagonists.

1. Taken as a group, chapters I to IV constitute the most accomplished, classical formulation of Geymonat's materialistic and dialectical answer to the problems of the philosophy of the contemporary sciences. Once again the author, far from all 'dia-mat', far from all metaphysical yearning for a science of sciences or from all founding super-logic, concerns himself with the highest achievements of modern epistemology, from the conventionalism of Schlick to the reelaborations of K. R. Popper, of Th. S. Kuhn or of Lakatos. He recalls that the crucial question in philosophy is indeed, as Engels and Lenin have shown, of a gnosiologic order. Do the sciences have a cognitive value or not? Do they help us or not to know a reality whose intelligibility and irreducibility to an unchangeing and definitive grasp must be admitted at one and the same time? Geymonat answers in the affirmative. But he does so by integrating all that is right in the merciless criticism of naive realism and is shared by common sense and militant researchers. He does so in the name of a critical, purified and superior realism. He does so above all by reelaborating the categorial apparatus available, by establishing fresh links between totality, objectivity and dynamicity.
For in fact Geymonat begins first by requalifying the category of totality that had been the object of so much criticism or mystification on the part of its defenders (for instance Lukács) (chapter I). It is this category that makes feasible for him the critical integration and overcoming of conventionalism, and thus makes it possible for him to expurgate dialectical materialism. For contemporary epistemology, the foremost object of study consists of scientific theories, considered in their internal logicity, susceptible of being formalized and axiomatized. These theories

then appear as plural totalities, closed, and in open conflict with all absolutist conceptions of knowledge as knowledge of fixed, immutable and transhistoric realities. Their study includes taking into consideration their replacement by other theories, every bit as closed and axiomatizable, but better able than the former ones to integrate certain observational data in reworked conceptual frameworks. Now, for Geymonat, this representation of science as it moves is partial and insufficient: the theories to which the logico-formal treatment can legitimately be applied, which are genuinely conventions, are not the whole of science in its concrete becoming. Their closed and static totalities constitute but parts of a wider, more articulated set, of another totality that is more total, open, this one composed of differentiated elements, neither axiomatizable nor formalizable. It is only this set, that includes fragments of common language, indeterminate concepts, as yet uncriticized notions, previous levels of theoretical elaboration, which allows one to understand the cognitive function of theories: in its specific totality it constitutes something akin to the productive matrix which allows one to identify which are the problems, which are the difficulties and which are the mistakes with respect to which formalized theories constitute a progress in knowledge. L. Geymonat proposes to call this set the « scientific-technical heritage » (STH). This is what has to be analyzed by philosophy, in its relation to theories; for it is its historically determined state that makes it possible to attempt new ways, to reformulate the theories, to replace them by better ones. This is what conventionalism condemns itself to missing, to failing to see, because it condemns itself to using the logico-formal method alone, and the latter leads to a sort of fetishization or absolutization of the 'theoretical' aspects. Dialectical materialism restores this unthought-of-ness which has the dignity of productive practice, but it can do this only by having recourse to another method, the one which is suitable for fluid open totalities, contradictory and mobile, namely the dialectical method. To counter neopositivist purism which knows only static and axiomatic totalities, materialistic and dialectical philosophy reintegrates these in their connective and matrixal fabric. This is a dialectical method rather than dialectical logic, for the latter reintroduces the impossible idea of a normative super-science which contests the legitimacy of the formal treatment. This method thus enables one to conceive the unity of this STH, consisting in like manner of the unitary network of scientific acquisitions; but at the same time it grasps this unity as a multiple unity, since the STH includes indeterminate elements, or debatable ones, points of heresy each indicating the way towards future deeper investigation. A unified multiplicity, then, which is at one and the same time process and result, for the contradictions that govern it force it to pass indefinitely from one state to another, to produce new concepts, new methods, new theories. Therefore the philosophy of science includes within its own concept the dimension of time, and requires a fluid conceptualization. It sets itself an aim inaccessible to overly theoretical conventionalism: the totality of the scientific process in its contradictory becoming (capter II).

At the same time, the dialectical materialistic approach allows one to take up the problem of realism again at a higher level, in the form of the objectivity of knowledge (chapter III), by binding totality, dialecticity and objectivity precisely in one single constellation. If conventionalism is right — and this is a great point in its favour — in criticizing the so-called natural evidence of the common sense of the average man and the spontaneous sensibleness of researchers, it still fails to give a satisfactory answer to the question of reality. Its strong point is its '*pars*

destruens': for it problematizes any dogmatic recourse to an ontologic basis of reality, which would transcend the world of perception, just as it shows that the resistance the world opposes to our efforts is meaningful only if articulated together with the cognitive strategies, which latter are the ineliminable correlative of « the production » [of knowledge] of the world. Conventionalism rightly emphasizes that the passage of perceived phenomena to their knowledge by means of the construction of new theoretical entities requires a concept of existence, inseparable from the process of scientific construction. But conventionalism suffers from an incurable weakness in its '*pars construens*': while it may be true that the sciences depend on principles which ought to be accepted as true only for a given phenomenal sector, and under certain transitory conditions of validity, the statement that for these sectors, under these conditions, these principles are true stands. If knowledge no longer demands an absolute concept of truth, but instead a relative concept, this relativity does not mean sceptical relativity nor agnosticism. What conventionalism fails to take into account is the objective processhood of the verifying movement, confirmation. A 'convention' is not true because it is successful (pragmatism), but it is successful because it is (relatively, but objectively) true. Its success ranks as a confirmation by and in practice. Practical success is not in contrast with the cognitive criterion, but implies it. The question of objectivity is determined in its relation to the criterion of practice, the latter understood as social practice. And this criterion, in its turn, is linked to the specificity which is represented in the process of cognitive appropriation by the moment of deeper investigation. It is this moment that conventionalism presupposes but cannot justify: for how can one affirm the succession of better or more useful conventions without actually setting up the concept of deeper investigation and that which grounds it *in re*, the reference to objective levels of reality to which one draws closer and closer. The dialectical materialistic approach, identifying as it does the total process of knowledge as a process of successive deeper investigations overcomes the difficulty of conventionalism. The sciences accede to reality: they widen our conception of rationality by investigating reality more deeply right up to its temporal dimension. The modern idea of truth and objectivity implies the insertion of knowledge more and more closely approximated in a chain of transitory knowledge *in fieri*. The reaching of absolute adequacy, a mechanistic and metaphysical myth, is replaced, in a more secular fashion, by relative approximation.

From this point on, the materialistic and dialectical philosophy of the sciences can identify its object more precisely: the question to be dealt with is the scientific study of the growth of the sciences. And this object buttresses an objective, the widening of rationality, beyond the logico-formal sphere (chapter IV). For this process of transition from ignorance to knowledge which characterizes the history of science and its growth is not justifiable by a rationality that the philosopher alone would build or impose. This rationality does not ultimately amount to a conventional 'rational reconstruction', for it implies its being anchored immanently in the thing itself. What holds for the relation of the sciences to their real object also holds for the relation of the science of the history of science to its real object: conventionalism misses both relationships for the same reason, which renders it incapable of justifying rationally the thesis of the reality of a cognitive process. Just as all sciences presuppose a thesis of reality and a process of deeper investigation of this reality, the science of science (but defined in a critical manner) presupposes both this thesis and this process. A philosopher of science is not a super-

scholar, he is a scientist alongside and among others. Likewise, dialectical materialism defines itself as the specific science of the history of the sciences, provided it is understood that the place and object of this deeper investigation is and remains the STH. Granted these conditions, it becomes possible to restore the dividing line that separates knowing and not knowing, and to avoid the ravages of an irrationalist neo-marxism that tends to turn science into a specific ideology, to reduce it to its mere status of element in the superstructure, denouncing it as 'bourgeois' or 'capitalist' without going to the bother of considering it in its genuinely 'scientific' subject-matter, its cognitive appropriation of nature.

In this way dialectical materialism is formulated as it is constituted through the pondered but inflexible criticism of the dominant trends of epistemology. At this point we could already direct questions towards L. Geymonat, and engage in discussion with him.

a) This taking up again of the categorial set 'Totality-objectivity-processuality of the growth of science' allows one to arrive at a better definition of dialectical materialism, overcoming the stalinist and zdanovian impasses. But the status of this philosophy remains indeterminate: if it concentrates on the scientific study of the growth of science and of its rationality, this philosphy seems to identify itself with a particular science; since this science is historical, and since furthermore Geymonat conceives it along the lines of the model provided by Marx for historical processes, it would seem that materialistic and dialectical philosophy reduces to a part or region of historical materialism, namely the historical materialistic science of the history of science. Certainly, this science can only be constituted by and within a theoretical polemicizing that binds objectivity-totality-processuality, embracing categorial discussions. But the part of this discussion and the specific status of the categorial remains undetermined.

b) Geymonat seems to suggest that philosophy goes beyond the scientific history or historical science of science, in view of the fact that it is the task of philosophy to explicitate, defend and reform the rationality inherent in the process it studies as a science, and to give battle to obtain an enlargement of rationality within a dialectical perspective. It is up to philosophy to struggle against all erroneous, partial representations of knowledge. This antagonistic function would, it is claimed, endow it with a new breadth. Indeed; but there remains the need to thematicize in and of itself this function which is involved first and foremost in the setting up of a scientific study of the growth of science.

c) As regards this study itself; one would wish for analytic deeper investigations concerning the central notion of the scientific-technical heritage and the dialectical relation between this STH and axiomatized theories. Doubtless this elaboration must be taken care of in precise enquiries; meanwhile these concepts are to be seen as a series of tools to be put to test and refined in the treatment of 'the matter', this or that state of the STH in this or that sector. But the extremely general character of the polar determinations utilized to define each term of the relation, the STH and the theories, raises problems. On the one hand, we have the domain of the axiomatizable (and of the axiomatized), of the closed and static totality, of the logical and formal conceptualization of the neutralization of the time variable and of the elimination of contradiction. On the other, we have the domain of that which is not axiomatizable (and of the unaxiomatized), of the open and dynamic totality, of dialectical conceptualization, of the integration of the time variable and of that of contradiction, as the motive force of pro-

cess. One would need to render more precise the role and function of theories, and thus of logic, by looking at the situation from the vantage point of the STH itself, since it constitutes in some sense a productive instance which, without being a gnosiologic foundation, is endowed with a metatheoretical force, or rather a matrixal power where any theory is concerned. The pole constituted by this STH has here some specific properties as yet insufficiently analyzed: it is the englober of theories which are one of its parts, it is also their primeval socle, and it has the property of constituting itself into a metatheoretical instance, given that it can reflect its other, grasping itself as a unity of itself and this other. If one has to eliminate all dialectical logic, the question would have to be taken up again here, for the 'philosophical' recourse to the STH induces importation effects of such a logic, and risks allowing in some overly generic interpretations that are not critically regulated; this would happen as a result of the very globality of the opposition between the STH and Theory.

d) One may be surprised at Geymonat's not having devoted more space to this determination of STH, and at the fact of his not having taken up again, rectified, if there was a need to do so, the classical conceptualization in terms of ideology. In the same perspective, one might have expected a confrontation with certain analyses of L. Althusser's (in *Philosophie et Philosophie spontanée des Scientifiques*, Maspéro, Paris, 1975), taking up Lenin's formulations again. Furthermore, the relation between ideology, common sense, common language and conception of the world sketched by A. Gramsci might have afforded a characterization of this STH. More in general, it is astonishing that Geymonat fails to address himself in his usual manner to the high points of Marxist thought itself. And finally, why does Geymonat restrict himself to an indication of the mere formal structure of the history of the sciences, concentrated in this pair, STH/Theories? If he is right to fight against certain irrationalist trends that are returning to Marxism to contest the objectivity of the sciences, why does he not face the problem of the materialization of the STH, of its inscription in the system of productive forces where Marx himself always placed it? The fact this STH has an objective aspect on the theoretical plane does not prevent it in another respect from condensing into material apparatuses situated for instance in the production process. Along the same lines, one might wonder whether the STH is governed by a mode of production of its own, whether one can put forward the idea of specific production relations by structuring this STH, with the relations being responsible for the specificity of the states through which it can pass. In short, one might attempt here to conceive of the logical contemporaneity of the process of scientific appropriation of reality (of nature) and that of the social appropriation of nature (production, politics). The clarifications might avoid the rebound shock of an excessively formalist interpretation of the Geymonatian conceptualization of the history of science.

2. The second stage — chapters V and VI — constitutes the most original contribution. Chapter V (on nature and man) shows that a correct interpretation of the STH allows one to widen the concept of reality by transforming first of all our notion of the natural order. Geymonatian dialectical materialism requalifies the dialectics of nature, under certain conditions. Integrating conventionalist criticism once again, Geymonat shows that the traditional concept (mechanistic and metaphysical) of the natural order must be renounced, at least as a system rigorously ordered according to absolute deterministic laws. Likewise the antinomy in-

herent in this conception of nature and concerning the status of human intervention in nature must be overcome: either the natural order leaves no room for this intervention, or else this intervention is not only possible, but so decisive that the order of nature appears as an order that we ourselves impose on nature. Geymonat means to preserve at one and the same time the relative objectivity of the knowledge of nature (and of its order) and the nature-belonging-ness of human intervention. For this, he proposes a dialectical conception of nature, capable of affording a unitary vision of natural processes without calling into question the specificity of the domains of validity of particular theories. This unity can thus only be sought in the STH: and it is the idea of a gradually determined order, varying over time, displaying specificities (biological, human, social) which only particular theories determine. In this unitary and articulated vision, it is not up to philosophy to give an external guarantee of the specific content of the various theories. Therefore and at the same time, human intervention can be comprised within the natural order: the dialectics of nature includes the intervention (natural and social at one and the same time) of man in nature. For nature includes the social practice of man as one of its forms and moments. Human intervention is the form and moment of the complex process at the completion of which the natural order is realized, a form and moment which can modify from within the natural process of which it is a factor. Science thus also appears as one of the forms of this dialectics of nature, as a relation between the human factor and the other factors.

From this point on, what must be affirmed is a « philosophical and practical non-neutrality of science ». In the first place, a philosophical non-neutrality, for all scientific advances form part of the STH, necessitate its restructuring by eliminating ancient mythologies, outdated conceptions of the world. Only philosophical reflection can unleash this 'militant charge' of science; for scientists, closed within their necessary specializations, are not up to the task of spontaneously formulating this new general conception of nature that the sciences produce almost unwittingly. It is the task of philosophy to make explicit the general theoretical dimension which the new theoretical network objectively weaves. Only dialectical materialism can organize this fabric, without grounding it speculatively, thereby giving every scientist and the average man access to the actual theoretical dimension that is built up by the growth of science, and wiping out mistakes, prejudices, outmoded views of the world. The modern idea of nature thus manifests itself in its capacity to dissolve notions that are incompatible with the actual current state of the STH: it widens our reasoning. Secondly, practical non-neutrality, for in support of the objective revolutionary power of the innovative elements of the STH, dialectical materialistic philosophy forces one to raise the question of the contradictions between the growth of this STH and its inscription in the set of social relations. Without mythicizing scientific progress but without denying it, Geymonat thus conceives of the growth of science in its interiorness to the historical process of social practice, identifying the latter in terms of class struggle. If the forms and results of the activity of knowing are conditioned by the fact of belonging to a society of exploitation and domination, this does not mean that scientists are responsible for the evils of our society. On the contrary, the study of this belonging shows that such a conditioning limits the growth of science, and that the progress of knowledge is fundamentally linked to the progressive social forces of the history of societies. It follows that the social characterization of the process of scientific appropriation of nature implies the scientific

identification of the social forces at hand and thus the identification of the true bearer of the STH. This can be no other than the social instance which has an objective interest in appropriating the knowledge of nature and at the same time that of society itself. The dialectics of nature becomes determined as the dialectics of history and conceives of its organic link to the popular masses.

The importance of chapter VI (the tasks of dialectics in the comprehension and transformation of society) can henceforth become manifest. Undoubtedly the pages therein should give rise to intense discussions. For they are as stimulating as they are problematic. Geymonat in some sense completes the work of purifying his enterprise of anything overly objectivist it might have retained on account of a privileged link exclusively with the exact and natural sciences. He explicitly thematicizes all the political charge. For it is not possible to build the history of scientific knowledge up to be an entity separate from the general movement of social practice. The reality to which science refers must be broadened to engulf the dimensions of the Nature-History complex. It is not enough to have restored to marxism its objective dimension, its capacity to come to grips with the sciences of nature (and this in face of the dominating idealistic historicist interpretation in Italy). There still remains to recompose dialecticity and politicity, by gambling on dialectical materialism and using it as the conscious instrument of a renewal of the science of history and of the revolutionary process that this science studies. Dialectical materialism intervenes in some sense in order to rectify historical materialism, to test the current capacity of historical materialism to act as the serious analyst of current society and of its motor contradictions. For in fact Geymonat projects onto contemporary historical reality the results that he in his turn has obtained through his analysis of the «growth of science and of its rationality». The categories of the history of science, and in particular the pair 'Scientific theory /STH' are used analogically, outside their first sphere of validity, to renew our understanding of social practice, and more precisely our intelligence of the relation individuals-classes-masses. If as far as the individual is concerned acting rationally does not so much consist in acting according to the norms of the obtaining juridical systems, but rather in function of the interests which are determined first of all on the contradictory terrain of the social domain, if this terrain contains the productive instances of the superior forms of rationality, then it follows that the individual can accede to intelligence of the historical process only if he identifies the objective structures of society and the motor contradictions. These objective structures of society are concentrated in some sense in the determination of the social classes and their struggles. But in its turn the relation individual/classes is not simple: in our societies, it is realized by concentrating itself in the relation individual/mass parties, which latter are selfdefined as representatives of the class interests. Everything happens as if the objective nature of the social contradictions were condensed in the relation classes/parties.

In this manner, and this is Geymonat's hypothesis, the modifications of monopolistic capitalism bring with them an anti-democratic alteration of the State-Nation, where the class struggle is located (and exploitation). Monopolistic domination contains the ultimate liquidation of all true democracy. This anti-democratic tendency constitutes the ground-work imposed on the great popular mass parties; the latter, in order to be equal to the new requirements of the fight, have to give themselves a more and more centralized organization. Once this is granted, in order to be effective, they are led to give themselves undemocratic structures and practices which remove them from the masses they represent. From

this point on the masses can manifest their charge full of antagonism to the established order only by giving themselves forms of organization freed from burocratic party formalization. Irrational in appearance, these forms constitute as it were the premises of a superior social rationality still to come. The Parties are to the masses what scientific theories are to the STH: just as theories are justified only insofar as they represent solutions to the problems that arise in the fabric of the STH, so also the mass parties are justified only insofar as they genuinely formalize the problems of the masses, the heritage of social charge. In both cases, the dominant element of the relation is the second term, for it is rich in dynamicity, for it contains within itself the motor of the contradictions.

In the name of this analogy, the final task of dialectical and materialistic philosophy appears as a revolutionary task: it is that of conceiving of the double adjustment of the theories to the STH and of the parties to the contradictory dynamicity of the masses. It is likewise of conceiving of the simultaneity of the scientific revolution and the practical revolution. Dialectical materialism takes up a position against all ideological compromises, and conceives of itself as the agent of a cultural revolution which owes more to Mao (the Mao of 1968) than to Lenin or Gramsci. It is not only a question of rendering scientific culture formulable and appropriatable by the masses, that is, by its indirect producers, by means of the elaboration of a unitary conception of the world; it is a question of making the masses aware of their place in the social process, of putting them in a position to make themselves able to be *in re* what the science of social practice identifies them as being, the true protagonists of civilization. Thus by appropriating culture the masses transform it in its modalities and forms of elaboration, they save it by functionalizing it to their exclusive long-term interest, the interest in radically transforming the existing social order. Dialectical materialism does not limit itself to unifying (and articulating) the image of nature, it restores this image to the live forces of history. For the masses need to grasp themselves as the true heritage to be developed, and for this they need to know themselves for what they are. They need for philosophy to put them in a position to accede to the objective grasp of their transformative capacity. For in the last instance it is philosophy that represents the broadened and superior form of rationality, the very one that only a dialectical rather than a logico-axiomatic approach is capable of providing. Against the sterilizing formalism of the parties that are trapped by structure of the social relations imposed by the class adversary, the only road to escape lies in the intervention, seemingly informal but in reality the only formative element, of the masses, enlightened by the individual philosophical intervention of the bearers of the science of the global process.

This reactivation of historical materialism through the importation into one of its live parts of the categorial couple Theories/STH does not come about without giving rise to problems. First and foremost, let us say that what is problematic is not so much the reality of the problem, for it does arise; but rather the route chosen on account of its very position. What is this analogy actually worth? Does it have a purely polemic position or a genuinely cognitive one? Are the terms that are brought into relation with one another really analogues? Is this analogy constructed in a critical manner or does it have above all a pedagogical value or even an exhortative one? We will make a few comments on these matters.

a) Any analogy concerns itself only with the demonstration of the comparability of the terms brought into relation. Only this demonstration authorizes the trans-

ference of a relation valid in one phenomenal zone into another zone. Now, the dissymmetry of the 'inferior' terms is quite striking here. For in fact assimilating a mass party to an axiomatizable scientific theory causes difficulties. Indeed Geymonat gives the mathematicizable scientific theory a dignity that he does not confer on the party. Is it not he who, unlike Engels and Lenin, has granted mathematical theories the recognition of an essential and unificatory role in the sciences of nature? Is it not he more than anyone else who has underlined the unacceptable character of any purely linguistic conception of different kinds of mathematics, underlining their capacity to reflect in their internal logic the very logic of nature? The remarks made here do not cause the notion of mass party as axiomatic instance to undergo the same treatment. The formalism of the parties is clothed exclusively in the negative. If a theory is valid only if it resolves STH problems in its sphere, it would seem that it falls to the lot of the party rather than of the theory to translate and betray the charge of social tranformation that has come from the masses and of the dynamicity of the contradictions of which they constitute a pole.

b) The positive evaluation of the masses has the same overcharge with respect to the parallel evaluation of the STH. The latter was known to include outdated elements of common sense, errors, obstacles. The masses on the contrary are *a priori* credited with an ontological excellence which does not include the persistence of backward elements, or illusions. Everything happens as if the analogy, once transported into the field of social practice, underwent a process of extreme radicalization and polarization, that no concrete analysis and no conceptual differentiation would come to temper. It follows that in ultimate analysis Party formalism can be corrected only by inverting itself in the spontaneism of the masses, acting against or in any case outside Party axiomatics.

c) How can one at this point fail to be struck by the very generic character of this dialectical opposition? The notion of mass is not characterized, any more than the notion of STH was submitted to a differentiated analysis. A simple reference to the very general propositions of a simplified marxism suffices for the masses to receive the imposition of dynamicity, of dialecticity, against the stability and formalism of the party. The historical process invoked to explain the exacerbation of this opposition (the monopolistic attack on all democratic forms) is but an indication; this is hardly a good substitute for a materialistic historical explanation. On this point, one awaits with impatience the necessary analyses concluding the concrete analyses of concrete situations, which alone can free this analogy from its genericity.

d) Likewise, this analogy runs the risk both of stimulating (by luring one towards these analyses) and of leading to overideologized exploitations. If this analogy is taken for what it is not, an explanation, it may simply end up in the ideological utilization of dialectical materialism and of the epistemological results of the latter on the part of all spontaneous revolts. The deviation of a history of the growth of science to justify every rebellion by orning it with the title of inchoative and non axiomatized form of superior rationality is a risk that the author makes no effort here to avoid. Probably because he thinks that this risk is today less strong than that of the formalization of political dialectics. But then why not engage in the detailed materialistic and historical (not just epistemological) criticism of this problem?

e) Why does Geymonat not do for this problem what he does for the philosophy of the sciences? Why does he not come to grips with the high points of marxist debate on the relation party/mass? From Kautsky to R. Luxemburg, from M.

Adler to Lenin, from Gramsci to Togliatti, much thought has been given to this problem, and much has been achieved concerning the fusion of theory and practice. The current state of the Geymonatian analogy is far behind all these elaborations. And the privileged reference to Mao cannot make one forget that Mao is not examined in any other way than in the manner of the authorized reference.

f) Given the preceding points, this analogy, above and beyond the ideological exploitations to which it may give rise and far from being able to transform itself into a logico-dialectical force, risks being transformed into a pathetic individual appeal. Moreover, a double appeal: for this is an appeal to the Party begging it to reform, to dialecticize itself by deaxiomatizing. But it is also and above all an appeal to the masses to force the Party that is closed up in its formalism to reform or perish, to give way to other organizational forms better suited to the task of facing up to social dynamicity. But here there arises the question: in its current state, can this appeal be heard? Understood in its strong sense, namely being the introducer of new capacities of understanding, of the determination of new forms of organization of which there is a real need?

These remarks may strike one as severe. But this severity is only the willingness to engage in serious discussion with a serious author. For, despite all these reservations, L. Geymonat calls upon us today with a provocative solemnity. It is true that today the whole of dialectical materialistic philosophy is condensed in the question of a mass party. It is true that what the party is to the practice of the masses, i.e. their organization, their concentrated form, dialectical materialism is in its turn to the theory of the working class and of the popular masses, i.e. its organization, the place in which the contradictions are gathered together and the conditions for their resolution are worked out. It is true that today the double process of social appropriation of nature and of transformation of social relations is tied not to the question of the State but to that of the Party, of the latter's capacity to serve the masses in order to transform the State. If the problems raised by Geymonat exceed the capacity of the analogy, which he has constructed as a solution for them, it nevertheless remains true that this analogy is the index of an unresolved problem in practice and theory. It is towards this difficulty that dialectical rationality must today direct its efforts in order to forge a road towards greater knowledge, towards a greater knowledge of nature and of society, and to arrive at a genuine liberation of the masses by the masses. Let us hope to be able not only to widen rationality, but also to deepen marxist rationality on itself. For the party is today its blind spot. If we can discuss the genericity of Geymonat's hypothesis, it only remains for us to do what he himself has been doing for thirty years, to assume our responsibilities in order to give a true and more liberating answer, the one that the author himself undoubtedly hopes for.

ANDRÉ TOSEL

HAILPERIN, T.

Boole's Logic and Probability

Series: Studies in Logic and the Foundations of Mathematics, Vol. 85
North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1976
x + 245 pp., $ 24.50

Questo saggio di Hailperin è una guida per il lettore moderno di Boole; non si può negare che ce ne fosse bisogno. La conoscenza dell'opera di Boole, nel campo della logica, sembra essersi fissata nei termini proposti nel 1918 da C. I. Lewis nel *Survey of Symbolic Logic*. Già allora gli scritti di Boole non dovevano più essere letti se Lewis indica come fonti disponibili per la conoscenza dell'« algebra di Boole-Schröder » solo i testi di Venn e di Schröder; il motivo si capisce poi dal riassunto fornito dal *Survey*, che probabilmente codifica un giudizio diffuso: l'operazione booleana di somma ha una interpretazione logica solo per classi disgiunte, ma Boole è costretto a usare sistematicamente negli sviluppi algebrici termini ininterpretabili, come $x + x$, preoccupandosi solo che il risultato finale risulti interpretabile. Boole sfrutta simultaneamente l'interpretazione logica e una interpretazione algebrica, su 0 e 1, di un calcolo non completamente ed esplicitamente definito. Le difficoltà sono veramente pesanti, come può testimoniare chiunque abbia provato a leggere i testi, e spesso si ha l'impressione che solo la sicura intuizione di Boole riesca a condurre in porto calcoli spericolati. Lo stesso Lewis si augurava la definizione di un sistema di assiomi adeguato ai calcoli effettivi. Questo è quanto riesce a Hailperin, con un sistema di assiomi che ha come modello privilegiato quello dei mucchi (*heaps*, 'classi' i cui elementi possono avere più di un rappresentante nel mucchio; gli elementi idempotenti formano un'algebra di Boole in senso moderno). La strumentazione matematica di cui fa uso Hailperin non va oltre quella accessibile a uno studente universitario di matematica, ed è presentata in un simpatico capitolo

This essay by Hailperin is a guide for the modern reader of Boole; it cannot be denied that there was a need for it. Knowledge of Boole's work, in the field of logic, seems to have remained fixed in the terms proposed in 1918 by C. I. Lewis in his *Survey of Symbolic Logic*. Even at that time Boole's writings were not apparently widely known if Lewis indicates only the texts by Venn and Schröder as available sources for a knowledge of « Boole-Schröder algebra »; the reason is clear from the summary provided by the *Survey*, which probably codifies a widespread opinion: the Boolean sum operation has a logical interpretation only for disjunct classes, but, in algebraic developments, Boole is obliged to make systematic use of non-interpretable terms, such as $x + x$, only being careful that the final result be interpretable. Boole simultaneously makes use of both logical and algebraic interpretations, on 0 and 1, of a calculus that is not completely or explicitely defined. The difficulties are truly considerable, as can be confirmed by anyone who has tried to read the texts, and one often has the impression that only Boole's unfailing intuition is able to carry out daring calculations successfully. Lewis himself hoped for the definition of a system of axioms suitable for effective calculations. This is where Hailperin succeeds, with a system of axioms having, as the favoured model, that of 'heaps' (i.e. 'classes' whose elements can have more than one representative in the heap; the idempotents elements form a Boolean algebra in the modern sense).
The mathematical tools used by Hailperin do not go beyond what is accessible to a university mathematics student and are presented in a beautiful initial chapter (so

iniziale (così che il libro è autosufficiente) che è un esempio quanto mai opportuno di quanto paghi il saper connettere almeno le nozioni elementari di algebra, logica, probabilità, determinanti e programmazione lineare di una cultura matematica di base; tale strumentazione è comunque più sicura e disinvolta di quella della metà del secolo scorso. Per questo motivo il libro di Hailperin avrà senz'altro un posto assicurato nella polemica sull'uso di conoscenze moderne nella lettura degli autori del passato (il sottotitolo è *A critical Exposition from the Standpoint of Contemporary Algebra, Logic and Probability Theory*). Nel caso di Boole, forse questi è ancora sufficientemente vicino perché l'imposizione di nozioni moderne non deformi, ma aiuti a comprendere i suoi risultati: anche perché queste nozioni erano in fondo tutte presenti, *in nuce*, nella problematica del periodo in esame; inoltre Hailperin fa precedere la sua soluzione, pregevolissima, del problema, da una vera lettura commentata del testo booleano e solo alla fine dimostra come la riuscita non dipendesse dalla qualità dell'intuizione, ma fosse logicamente fondabile. Il lettore noterà tuttavia, proprio grazie alla ricostruzione di Hailperin, che nulla lascia supporre che Boole avesse in mente qualcosa di simile all'interpretazione dei mucchi; la descrizione di Lewis sembra ancora quella più realistica. La storia in parte si ripete per il lavoro di Boole sulla probabilità, a cui è dedicata la seconda parte del libro: Boole è ricordato come uno degli antesignani di quella che poi sarebbe stata chiamata la scuola logicista, per aver studiato la probabilità delle proposizioni, più che degli eventi; ma sui meriti specifici c'è un silenzio imbarazzato, dovuto forse al segno lasciato dalle critiche che immediatamente (1854) furono mosse da H. Wilbraham alla faticosa ricerca di Boole. Secondo Wilbraham, Boole avrebbe formulato un problema generale non ben determinato, quindi con assunzioni non esplicite ne avrebbe risolto solo un caso particolare, alimentando invece l'impressione di una soluzione generale; per la soluzione particolare inoltre Wilbraham dimo-

that the volume is self-contained) which is a good example of how much it pays to be able to connect at least the elementary notions of algebra, logic, probability, determinants and linear programming of a basic mathematical culture; however, these techniques are more reliable and effective than those of the middle of the past century. For this reason Hailperin's volume will certainly find its place in the controversy on the use of modern knowledge in reading the authors of the past (the subtitle is *A Critical Exposition from the Standpoint of Contemporary Algebra, Logic and Probability Theory*). As for Boole, perhaps he is still close enough to us so that the imposition of modern notions does not deform but rather helps us to understand his results; especially since these notions were basically all present, *in nuce*, in the mathematical debate of the period; furthermore, Hailperin prefaces his very valuable solution with a detailed commentary on Boole's text, and only at the end does he show how the solution did not depend on the quality of the intuition but could be founded upon logic. However, the reader will note, thanks to Hailperin's reconstruction, that nothing in the text suggests that Boole had in mind something similar to the interpretation of heaps; Lewis's description still seems the most realistic one.

The same story is partly repeated for Boole's work on probability, which is dealt with in the second part of the volume. Boole is remembered as one of the leaders of what would later have been called the logistic school, for having studied the probability of propositions rather than of events; but there is an embarrassed silence over his specific merits, which is perhaps a consequence of the criticisms that H. Wilbraham immediately opposed (in 1854) to Boole's painstaking research. According to Wilbraham, Boole had formulated a general problem that was not well determined, and later, with assumptions that were not explicit, he had solved only one particular case, though he fostered the impression of a general solution; for the particular solu-

stra che il metodo di Boole (gli sviluppi dei polinomi booleani in variabili proposizionali, definiti nelle sue ricerche logiche) era in effetti superfluo. Il problema generale era quello di determinare un metodo grazie al quale, date probabilità di proposizioni qualsiasi, semplici o composte, dipendenti o indipendenti, condizionate o no, si potesse determinare la probabilità di altre proposizioni connesse alle precedenti da un sistema di equazioni logiche. Qui la guida di Hailperin è veramente essenziale per cogliere anche solo la precisa formulazione del problema, soprattutto dove segnala l'ambiguità di Boole nel distinguere le probabilità condizionate dalle probabilità dei condizionali. La formulazione moderna del problema di Boole avviene attraverso l'introduzione di un « dominio di probabilità di eventi condizionati », una nozione algebrica che non è un'algebra di probabilità ma contiene diverse sottoalgebre booleane. Il lettore interessato alla probabilità troverà molti spunti stimolanti, ad esempio il problema dell'indipendenza o quello delle maggiorazioni delle probabilità come condizioni di esperienze possibili. Il lettore matematico troverà begli esempi di teoremi di esistenza per sistemi di equazioni, e una formulazione del problema in termini di programmazione lineare.

Quello di cui si sente la mancanza, dopo questo notevole sforzo di chiarificazione, è un tentativo di valutazione più generale del lavoro e della fortuna di Boole, che dovrebbe risultare molto semplificato. Sarebbe stata utile soprattutto qualche indicazione sugli sviluppi successivi della problematica della probabilità, in modo da poter giudicare la influenza, o non influenza, di Boole non solo nei termini delle difficoltà di comprensione, ora chiarite. L'autore ha evidentemente scelto la strada della modestia, consegnando questa sua utilissima fatica a chi voglia farne buon uso.

tion, moreover, Wilbraham demonstrates that Boole's method (the developments of Boolean polynomials in propositional variables, defined in his logic studies) was actually dispensable. The general problem was to find a method through which, given probabilities of propositions, whether simple or compound, dependent or independent, conditioned or unconditioned, it might be possible to determine the probability of other propositions connected with the preceeding ones by a system of logical equations. Here Hailperin's guidance is truly essential for grasping even only the precise formulation of the problem, above all where he points out Boole's ambiguity in distinguishing conditioned probabilities from the probabilities of conditionals. The modern formulation of Boole's problem comes about through the introduction of a « domain of probability of conditioned events », an algebraic notion that is not an algebra of probability but contains various Boolean sub-algebras. The reader interested in probability will find many stimulating references: for example, the problem of independence or that of bounds for probabilities as conditions of possible experiences. The mathematical reader will find fine examples of existence theorems for systems of equations, and a formulation of the problem in terms of linear programming.

What one feels is lacking, after this remarkable effort of clarification, is an attempt at a more general assessment of Boole's work and fortunes, which should come to be much simplified. Above all, it would have been useful to have some indications on the later developments of the problems of probability, so as to be able to judge Boole's influence, or lack of influence, not only in terms of the difficulties in understanding his work, which have now been clarified. The author has obviously chosen the modest approach, in consigning this valuable work of his to those who may choose to make good use of it.

GABRIELE LOLLI

TRUESDELL, C. A.

A First Course in Rational Continuum Mechanics

Series: Pure and Applied Mathematics
Academic Press, New York, 1977
XXIII+280 pp., No price stated

Sotto l'impulso decisivo dato dal Truesdell e dalla sua scuola, l'approccio assiomatico alla meccanica dei continui ha subito negli ultimi anni una crescita così rapida e feconda che la necessità di un'opera a carattere introduttivo era senz'altro avvertita. Il fatto che questo vuoto venga colmato dal Truesdell stesso è certamente una fortunata circostanza per chiunque venga spinto dai suoi interessi allo studio o alla consultazione di questo volume. Esso è il primo di una serie di tre concepiti dall'Autore nello spirito di un trattato introduttivo. Ha per sottotitolo *General Concepts*, e sarà seguito da un volume su *Bodies of Fluid or Elastic Material*, che conterrà applicazioni moderne ma relativamente semplici della teoria generale ad argomenti di meccanica dei fluidi, elasticità e propagazione ondosa, e da un volume su *Fading Memory, Thermomechanics, Statics and Thermostatics*. Una versione preliminare del secondo volume e di parte del terzo, assieme alla prima stesura di questo, sono già disponibili in francese in una traduzione pubblicata nel 1973 (*Introduction à la Mécanique Rationnelle des Milieux Continus*, Masson et Cie, Paris) e, in forma leggermente ampliata, in russo in una traduzione apparsa nel 1975 (*Pervonachalnyi Kurs Ratsionalyoi Mekhaniki Sploshnyka Sred*, Mir, Mosca). Malgrado le parole '*first course*' nel titolo, quest'opera è destinata a lettori che possiedono già alcune conoscenze di meccanica dei continui. Nelle parole dell'Autore: « così come una prima relazione sentimentale goffa e maldestra può fornire una conoscenza che, quantunque elementare, è indispensabile a colui che aspira alle estreme raffinatezze di Venere, anche un cattivo corso (sulla meccanica dei continui) ... servirà allo scopo ».

Under the decisive impulse given by Professor Truesdell and his School the axiomatic approach to continuum mechanics has undergone such a rapid and fruitful growth in recent years that a need for a work of introductory nature to the subject definitely existed. That such a need be fulfilled by Professor Truesdell himself is certainly a fortunate circumstance for anybody led by his interests to study or consult this book. This volume is the first to appear of a set of three which have been conceived by the Author as an introductory treatise in the spirit of a textbook. It carries the subtitle *General Concepts* and is to be followed by a volume on *Bodies of Fluids or Elastic Material*, dealing with relatively simple but up-to-date applications of the general theory to topics in fluid mechanics, elasticity, and wave propagation, and by a volume on *Fading Memory, Thermomechanics, Statics and Thermostatics*. A preliminary draft of volume 2 and a sketch of part of volume 3 appeared, together with the first version of the present one, in a French translation published in 1973 (*Introduction à la Mécanique Rationnelle des Milieux Continus*, Masson et Cie, Paris) and, in a somewhat enlarged form, in a Russian translation published in 1975 (*Pervonachalnyi Kurs Ratsionalyoi Mekhaniki Sploshnyka Sred*, Mir, Moscow).

In spite of the words 'first course' in the title, this book is designed for readers who have already some knowledge of continuum mechanics. As the Author states in his preface « much as a crude and awkward first affair may furnish knowledge that, however elementary, is indispensable to him who aspires toward Venus' ultimate

La ragione di questo stato di cose risiede nelle caratteristiche stesse dell'approccio assiomatico che, benché assai elegante, si dimostra di rado efficiente ai fini puramente didattici.

Gli intenti e il contenuto del volume possono essere illustrati da uno sguardo all'indice. Il Capitolo I, *Bodies, Forces, Motions, and Energies*, contiene, fra gli altri, paragrafi sul concetto generale di corpo, massa, forza, riferimenti, quantità di moto e suo momento, energia cinetica, momento delle forze, cambiamenti del riferimento, indifferenza al riferimento, gli assiomi della meccanica, le leggi del moto di Eulero. Questi sono i concetti fondamentali su cui poggia il resto dell'opera. Benché sia probabile che la maggior parte di questa materia sia già nota (se pur in forma diversa) al lettore che possegga alcune cognizioni di meccanica dei continui, è tuttavia un piacere a volte non privo di sorprese seguire l'Autore nella sua opera di riformulazione dei vecchi concetti in una nitida successione di definizioni, assiomi e teoremi. Questo può anche dirsi del Capitolo II, *Kinematics*, in cui i concetti di posizione e trans-spostamento (*transplacement*, l'applicazione dalla forma di riferimento del corpo alla sua forma all'istante t) e l'analisi del moto rivestono il ruolo principale. Coerentemente alla generalità del trattamento poco è illustrato esplicitamente con riferimento a componenti o a sistemi di coordinate. Particolarmente accurata ed elegante è la discussione dell'evoluzione temporale di quantità associate al moto del continuo che, malgrado la loro importanza, sono spesso oggetto di trattazioni poco soddisfacenti. Questo capitolo contiene paragrafi sulle posizioni di riferimento, trans-spostamento, descrizioni del moto, deformazione locale, derivate materiali, evoluzione temporale di integrali estesi a linee, superfici e regioni materiali.

La parte più importante del volume è costituita dai capitoli III e IV. Il primo di questi, *The Stress Tensor*, tratta di questo argomento in generale e contiene una profonda discussione del concetto di forza di contatto

refinements, a bad course (in continuum mechanics) ... will serve well enough here too ». This is so, of course, because if an axiomatic approach may be very elegant, it seldom is very efficient for purely didactic purposes.

The scope of the present volume may be illustrated by a look at the list of contents. Chapter I, *Bodies, Forces, Motions, and Energies*, contains, among others, sections on bodies in general, mass, force, framings, linear and rotational momentum, kinetic energy, torque, change of frame, frame-indifference, axioms of mechanics, Euler's law of motion. These are the concepts on which the rest of the book is built. Although little of the material is likely not to heave been encountered (if in a different form) by a reader possessing already some knowledge of mechanics, it is a pleasure and sometimes a wonder to follow the Author through his recasting of the old concepts into a neat array of definitions, axioms and theorems. Similar comments apply also to Chapter II, *Kinematics*, in which the concepts of placement and transplacement and the analysis of the motion play a central role. In keeping with the generality of the treatment very little of the material is illustrated explicitly in component notation or in particular coordinate systems. Especially careful and elegant is the discussion of material time rates, which in spite of their importance are often treated unsatisfactorily. This chapter contains sections on reference placement, transplacement, descriptions of motion, local deformation, material time rates, stretch and rotation, rates of change of integrals over material lines, surfaces, and regions.

The core of the book is made up by Chapters III and IV. The first one, *The Stress Tensor*, treats this concept in general, and contains a deep discussion of the concept of contact force and traction, which improves in conceptual clarity on the one given by the Author and Noll in their 1960 *Encyclopedia of Physics*ar ticle. Section head-

e di trazione, che appare più soddisfacente in chiarezza concettuale di quella già data dall'Autore e da Toupin nel loro lavoro apparso nel 1960 nella *Encyclopedia of Physics*. Fra i titoli dei paragrafi menzioniamo: forze e loro momenti, il campo delle trazioni, esistenza del tensore degli sforzi, forma generale del bilancio, legge del moto di Cauchy, condizioni al contorno sulla trazione. Il Capitolo IV, *Constitutive Relations*, è forse il più interessante. Benché esso non contenga un trattamento di miscugli o di materiali dotati di microstruttura, i principî generali sono ben illustrati dalla loro applicazione al caso importante dei materiali semplici che includono, ad esempio, i fluidi linearmente viscosi (fluidi di Navier-Stokes). L'introduzione del concetto di '*peer group*' (il gruppo costituito da tutti punti in relazione di isomorfismo materiale con un dato punto) conduce in modo naturale alla definizione di solidi, di fluidi, e di quei materiali intermedi che sono i cristalli liquidi. Infine, in preparazione di alcuni argomenti che saranno oggetto del volume successivo, alcuni tipi particolarmente semplici di movimento sono studiati in termini generali. Fra i paragrafi di questo capitolo indichiamo: gli assiomi di Noll, materiali semplici, casi particolari, vincoli interni, principio di determinismo, equazione del moto per corpi semplici, trans-spostamenti omogenei, isomorfismi materiali, il '*peer group*', materiali isotropi. Il volume è completato da un'appendice descrivente i principi seguiti nella notazione (che è notevolmente meno complessa di quella usata dall'Autore nei suoi lavori con Toupin e Noll nella *Encyclopedia of Physics*), una seconda appendice che richiama alcune definizioni e teoremi di Algebra, Geometria e Calcolo Differenziale, e infine da una terza contenente le soluzioni ai molti problemi che, intercalati nel testo, propongono dimostrazioni ed applicazioni interessanti dei risultati principali.
Malgrado l'astrattezza della trattazione, il Truesdell motiva chiaramente (almeno per l'iniziato) l'introduzione delle definizioni e degli assiomi necessari e illustra il significato

ings here include: forces and torques, the traction field, existence of the stress tensor, the general balance, Cauchy's laws of motion, boundary condition on traction. Chapter IV, *Constitutive Relations*, is perhaps the most interesting of all. Although a treatment of mixtures or of materials possessing microstructure is not included, the general principles are well illustrated by their application to the important class of simple materials which includes, for instance, linearly viscous fluids (Navier-Stokes fluids). The introduction of the peer group leads in a natural way to the definition of solids, fluids, and the intermediate case of fluid crystals. Finally, in preparation of the material which will follow in Volume 2, particularly simple classes of motion are studied in general terms. Among the sections contained in this chapter we may mention: Noll's axioms, simple materials, special cases, internal constraints, principle of determinism, equations of motion for simple bodies, homogeneous transplacements, material isomorphisms, the peer group, isotropic materials.

The volume is completed by an appendix outlining the general scheme of notation (which is considerably less complex than that used by the Author in his articles with Toupin and Noll in the *Encyclopedia of Physics*), an appendix recalling some definitions and theorems of Algebra, Geometry, and Calculus, and an appendix containing solutions to the many exercises which, interspersed with the text, provide proofs and interesting applications and extensions of the main results.

In spite of the abstractness of the general treatment professor Truesdell motivates clearly (at least for the initiated) the introduction of the required definitions and axioms and illustrates the content of the results. He also points out along the way the places where the theory is in need of extensions or more satisfactory formulations (as, for example, in the case of the definition of body mentioned below), and

dei risultati. Inoltre egli indica esplicitamente i punti in cui la teoria abbisogna di estensioni o di formalismi più soddisfacenti (come, ad esempio, nel caso della definizione di corpo riportata più sotto), e discute in profondità, oltre agli aspetti generali, anche molti di quelli tecnici. Come sempre nei suoi lavori poi egli si prende cura di attribuire i vari risultati agli scopritori originali.
L'autore fa uso costantemente di concetti matematici moderni i quali, ancorché non eccessivamente specializzati, di rado fanno parte delle nozioni di matematica usualmente impartite a fisici o a ingegneri. La frase seguente tratta da p. 72 può servire da esempio: « col termine *corpo* denoteremo la chiusura di un insieme aperto in uno spazio metrico Ω sul quale è definita una misura non negativa M, detta *massa*, la quale può essere estesa ad una misura di Borel sulla σ- algebra degli insiemi di Borel in Ω ». Per il lettore in possesso delle usuali cognizioni di analisi matematica non appare comunque molta la fatica necessaria ad impadronirsi di questi concetti quel tanto che basta per comprendere l'opera senza difficoltà.
Ciò detto di questo volume, ci sembra di dover aggiungere un breve commento a proposito del principio che lo impronta. Il Truesdell afferma nell'Introduzione che la dottrina generale della meccanica dei continui deformabili che egli presenta « è ormai pronta per essere appresa ed usata da matematici, sperimentatori ed ingegneri e per aggiungersi alla vecchia meccanica analitica come elemento di un'educazione di base ». Noi crediamo invece che la teoria presentata in quest'opera rappresenti solo uno dei possibili approcci alla meccanica dei continui senza essere in alcun modo più 'nobile' o 'fondamentale' di altri. Dato che per ogni disciplina è necessario muovere da un insieme di enunciati non provati, la scelta del dove cominciare deve essere basata unicamente su considerazioni di opportunità che variano da individuo a individuo e da esigenza a esigenza. Quando l'effetto della rigorosità non è di eliminare l'errore ma solo di allontanare il punto di

discusses in depth many technical points, as well as the more general ones. In addition, as always in his works, he takes care to attribute the results to their original discoverers.

Use is made throughout of modern mathematical concepts which, while not excessively specialized, are not usually encountered in the curriculum of physicists or engineers. The following sentence from p. 72 may serve as an illustration: « by the term *body* we shall mean the closure of an open set in some measure space Ω over which a non-negative measure M, called *mass*, is defined, and M can be extended to a Borel measure over the σ- Algebra of Borel sets in Ω ». It does not appear very difficult however for a reader equipped with the standard knowledge of analysis to get acquainted with and master these concepts to the limited extent required by the book.

This having been said about the book, we must spend a few more words about the philosophy on which it is based. Professor Truesdell states that the general doctrine of deformable continuum mechanics that he presents « in now fit to be learned and used by mathematicians, experimentists, and engineers and to join the old analytical mechanics as an element of common education ». In our opinion, however, the theory presented in this book is only one of the possible approaches to continuum mechanics, in no way 'nobler' or 'more fundamental' than others. Since in any discipline it is necessary to start from some set of unproven statements, the choice of where to begin must be based solely on reasons of opportunity, which vary from individual to individual and from need to need. When the effect of rigor is not to eliminate error but only to push the starting point further and further away then it cannot claim any particular value in itself but can only be justified on other grounds, such as the insight it provides or the practical progress that it fosters.
With the exception of people working in

partenza essa non ha più un valore particolare per se stessa ma deve essere giustificata altrimenti, o per le chiarificazioni che apporta, o per il progresso pratico che rende possibile. Con l'eccezione di studiosi interessati ai campi molto specialistici della reologia e delle relazioni costitutive ci sembra improbabile che questo particolare approccio alla meccanica dei continui possa essere utile a sperimentatori, ingegneri o fisici. La nostra impressione è che esso rappresenti un argomento di matematica elegante ma relativamente specializzato il quale, come ogni altra simile disciplina, non può pretendere lo *status* privilegiato di 'elemento di un'educazione di base'.
È chiaro che queste ultime considerazioni nulla detraggono al risultato raggiunto da Truesdell con quest'opera, che resterà senza dubbio a lungo un punto di riferimento importante nel futuro della disciplina.

the very specific fields of rheology and constitutive relations, we think unlikely that this particular approach to continuum mechanics could be useful to experimentists, engineers, or physicists. It appears to us be a very elegant, but somewhat specialized topic in mathematics which, like any other such branch of knowledge, cannot make a claim to the privileged status of an 'element of common education'.

It is obvious that these last remarks in no way detract from the accomplishment of Professor Truesdell in writing this book, which will certainly remain an important point of reference for this discipline for years to come.

PIERO CALDIROLA - ANDREA PROSPERETTI

TYSON, J.J.

The Belousov-Zhabotinskii Reaction

Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 10
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IX+128 pp., tables, No price stated

Il volume presenta il materiale elaborato dall'Autore per un corso, intitolato « Temporal and Spatial organisation in chemical systems », tenuto presso l'Università di New York a Buffalo nel 1975.
Si tratta di una discussione e trattazione matematica dell'organizzazione spaziale e temporale della reazione di Belousov-Zhabotinskii.
Nel 1958 B. P. Belousov scoprì che l'ossidazione dell'acido citrico ad opera dei bromati in presenza di ioni cerio non tende all'equilibrio con velocità uniforme, come avviene abitualmente per le reazioni chimiche, ma oscilla con periodo definito tra uno stato giallo e uno stato incoloro. Gli studi successivi di A. M. Zhabotinskii sull'esperienza originale di Belousov comparvero nel 1964,

This book presents the material prepared by the author for a course entitled « Temporal and Spatial Organisation in Chemical Systems » held at the University of New York, Buffalo, in 1975.
It consists of a discussion and mathematical treatment of the spatial and temporal organisation of the Belousov-Zhabotinskii reaction.
In 1958 B. P. Belousov discovered that the oxidation of citric acid by bromates in the presence of cerium ions tends towards equilibrium at a uniform velocity as usually occurs in chemical reactions, only that it oscillates with a definite period between a yellow state and a colourless one. Further studies by A. M. Zhabotinskii on Belousov's original experiment appeared in 1964, al-

ma attrassero l'attenzione degli scienziati occidentali soltanto nel 1968, quando vennero presentati a Praga alla Conferenza internazionale sugli oscillatori biologici e biochimici.

Dopo tale data si sono interessati alle insolite proprietà di questa reazione molti studiosi, e in particolare i matematici, ai quali essa fornisce un nuovo suggestivo campo di applicazione dei moderni metodi di analisi delle equazioni differenziali.

L'Autore, dopo una presentazione introduttiva della cinetica chimica e delle equazioni differenziali ordinarie e parziali, delinea nel secondo capitolo il meccanismo della reazione BZ e successivamente, nel terzo capitolo, affronta un'elaborata analisi delle tre equazioni differenziali ordinarie proposte da Field e Noyes (1974) come modello semplice del meccanismo Field-Körös-Noyes.

La parte finale del volume è dedicata alla presentazione della situazione attuale nel campo delle varie teorie sulla propagazione chimica delle onde a una, due e tre dimensioni.

La breve monografia rappresenta indubbiamente un'ottima messa a punto delle conoscenze attuali su questa reazione atipica, sulla quale si concentra oggi un vivo interesse dei Ricercatori.

though it attracted the attention of Western scientists only in 1968 when they were presented at Prague at the International Conference on biological and biochemical oscillators.

After this date many workers took an interest in the unusual properties of this reaction. For mathematicians in particular it provided a new and exciting field of application for modern methods of analysing differential equations.

After an introduction to chemical kinetics and ordinary and partial differential equations, the author outlines the reaction mechanism of the BZ in chapter two. In chapter three, he gives a detailed analysis of the three ordinary differential equations proposed by Field and Noyes (1974) as a simple model of the Field-Körös-Noyes mechanism.

The last part of the book consists of a presentation of the present situation in the field of the various theories on the chemical propagation of one, two and three-dimensional waves.

This short monograph is without doubt an excellent review of present knowledge on this atypical reaction on which the interest of many workers is concentrated today.

VINCENZO LORENZELLI

BERLINGUER, G.

Malaria urbana

Patologia delle metropoli
Series: Medicina e potere, Vol. 14
Feltrinelli, Milano, 1976
344 pp., tables, L. 4.500

Sui mali derivanti dalla vita nelle grandi città, sulle condizioni malsane in cui vivono molti degli abitanti dei grandi agglomerati urbani si hanno molti documenti e parecchi studi più o meno parziali, frammentari.

Molte descrizioni, aventi spesso carattere di denuncia, si possono trovare nella letteratura dell'800 e del 900, specialmente nei romanzi. L'autore di questo libro offre una citazione che a molti lettori giungerà nuova e inaspettata: quella di Giacomo Leopardi che, partito dalla natia cittadina di Recanati e giunto a Roma, rimane sogmento di tanti aspetti della vita nella capitale dello Stato Pontificio, e scrive ai fratelli: « Queste fabbriche immense, e queste strade per conseguenza interminabili, sono tanti spazi gittati fra gli uomini, invece d'essere spazi che contengono gli uomini ». È, forse, la prima constatazione della 'città che divide'.

Fra tanta letteratura e fra la copiosa bibliografia specifica e tecnica (che l'autore cita abbondantemente nelle note a pié di pagina) il libro del Berlinguer si colloca in una posizione sua particolare per due motivi: perché offre una visione sintetica e unitaria di molti problemi che s'impongono nella vita dei grandi agglomerati urbani, e per essere scritto da un medico (o meglio da un laureato in medicina che non esercita la professione medica) e uomo politico insieme.

Le situazioni che sono prese in esame sono essenzialmente quelle di Roma, città in cui il Berlinguer si trasferì, dalla natia Sardegna, dopo la seconda guerra mondiale, e dove trovò una 'patologia urbana' che gli ricordava le condizioni malsane delle zone malariche del suo paese: da ciò deriva il titolo di questo libro. Esso è composto di

Many documents and several more or less partial and bitty studies are available on the ills deriving from life in large cities, on the unhealthy living conditions of many of the inhabitants of large urban agglomerates. The literature, particularly the novels, of the nineteenth and early twentieth century, abounds in descriptions and denouncements of such conditions. The author of this book offers a quotation which will be new and unexpected to many readers: it is from the poet Giacomo Leopardi (1798-1837), who leaves his home town of Recanati for Rome, where he is horrified by many of the aspects of life in the capital of the Pontifical State, and writes to his brothers: « These wast buildings, and the roads which are thus unending, are like spaces thrown amongst men rather than being spaces fit to contain men ». This is perhaps the first remark on the 'city which divides'. Over and above this richness of literature and specific and technical bibliography (which the author makes much use of in the footnotes), Berlinguer's book should be seen in a special light of its own for two reasons: in the first place because it offers a synthetic and unitary view of many of the problems which come to impose themselves on life in large urban agglomerates, and in the second place because the author is both a doctor (he has a degree in medicine although he does not in fact practise the profession) and a politician.
The situations which Berlinguer examines are mostly those of Rome, the city to which he moved from his native Sardinia after the second World War, and in which he discovered an 'urban pathology' which reminded him of the unhealthy conditions in the malarial zones of his own country: hence the title of this book. The work is

otto capitoli, scritti in tempi diversi dal 1952 in poi, dedicati ai seguenti argomenti: la mortalità in Roma (nei vari anni, nelle diverse età, e nelle diverse classi economico-sociali); ospedali e piani regolatori (da cui risulta che la capacità recettiva degli ospedali, rapportata al numero degli abitanti, è peggiorata rispetto a quella che offriva la città quando aveva una popolazione inferiore al milione); il ghetto in periferia (indagine sulle condizioni di vita nelle borgate); le cavie della città (due capitoli dedicati ad una indagine sulla morbilità e mortalità di varie categorie di lavoratori); il centro storico e la campagna; la fatica e il riposo; lavoro, trasporto e 'tempo libero'.

In una lunga introduzione, datata marzo-agosto 1976, l'autore riassume le conclusioni che si possono trarre dai dati analizzati nei singoli capitoli, aggiornandoli, ove possibile, al tempo presente, e si compiace di esporre alcune giustificazioni del proprio operato e di fare l'autocritica su alcuni dei criteri seguiti.

Ogni capitolo è preceduto da un sonetto del Belli pertinente alla materia trattata, che dimostra quanto poco siano mutate certe condizioni di vita del popolo dal tempo dello Stato Pontificio.

La documentazione presentata dal Berlinguer è in parte desunta da statistiche ufficiali, in parte da ricerche di altri autori, ma in buona parte da indagini e interviste eseguite personalmente dall'autore o da suoi collaboratori. Una quarantina di tabelle e 26 diagrammi raccolgono e illustrano i dati più significativi. L'oggetto di studio è principalmente, come ho detto, la città di Roma, che viene studiata con viva partecipazione dell'autore ai problemi dei lavoratori e degli abitanti delle borgate. Dalla situazione romana, lo sguardo si volge, per i necessari confronti, ad altre megalopoli del mondo.

Gli argomenti affrontati nella introduzione, cioè: mortalità urbana e rurale; la densità è un fattore patogeno?; igiene e organizza-

made up of eight chapters, written in various times from 1952 onwards and dedicated to the following subjects: mortality in Rome (in various years, age-groups and socio-economic classes); hospitals and townplans (which shows that the hospitals' patient capacity in ratio to the number of inhabitants has grown worse than it was when the city's population was below a million); the *ghetto* on the outskirts (inquiry into living conditions in the semi-slum areas); city guinea-pigs (two chapters on an inquiry into disease and death rates among various categories of workers); the historic centre and the country-side; work and rest; labour, transport and 'free time'.
In a long introduction dating from March to August 1976, the author sums up the conclusions that can be drawn from the facts analyzed in the single chapters, and where possible brings them up to date. He also permits himself to explain some of the justifications of his work and to make a self-criticism of some of the criteria he has adopted.
Each chapter is preceded by a sonnet by Belli, connected with the subject in hand. Some of these go to show just how little certain living conditions among the populus have changed since the times of the Pontifical State. [Gioachino Belli (1791-1863) wrote more than two thousand sonnets in the Roman dialect, none of which was published before his death. Apart from being of a great poetic worth, they also constitute an excellent document on life both in the lower and ruling classes in Rome, under the Pontifical government. Many of the figures and scenes described are done so with an extraordinary eye for the truth and a biting, ruthless satirical spirit].
Berlinguer's documentation derives partly from official statistics, partly from research done by other authors, but for the most part from inquiries and interviews undertaken by the author himself or his collaborators. Forty tables and 26 diagrams collect and illustrate the most meaningful facts. The whole study is concentrated on the city of Rome, and the author's real

zione sanitaria; psicopatologia urbana; la città che divide e che unisce; le lotte urbane per la salute; progettazione e organizzazione sanitaria; possono dare una idea dell'ampiezza di impostazione di questo lavoro, che non si limita alla diagnosi dei mali dell'urbanesimo e ad una indagine delle sue cause, ma propone possibili soluzioni nell'ambito di una struttura socialista della comunità.

Il problema dell'urbanesimo e delle sue conseguenze è uno dei più importanti e urgenti in tutti i paesi, e in particolare in Italia, dove però non si sono ancora raggiunte concentrazioni d'intensità paragonabili a quelle realizzate altrove, in Europa, in America, in Asia. Poiché è un fenomeno tuttora in via di sviluppo, è importante cercare di contenerlo entro limiti ragionevoli, e soprattutto di programmarlo opportunamente, in modo da renderne meno nocivi gli effetti sfavorevoli.

La lettura di questo libro, avvincente sia per la calda passione umanitaria che ravviva l'esposizione, sia per la ricchezza dei dati e la profondità delle analisi, può essere di stimolo e di guida per tutti i cittadini, e soprattutto per coloro a cui compete, nei vari settori, la programmazione dello sviluppo urbano.

sense of participation in the problems of the workers and the inhabitants of the degraded outskirts is keenly felt. However the Roman situation naturally leads on to comparative glances at other of the world's megalopolis.

The subjects dealt with in the introduction, i.e.: urban and rural mortality; is density a pathogeneous factor?; hygiene and health organization; urban psychopathology; the city which divides and unites; urban struggles for health; health planning and organization; may give an idea of the wide range of subjects covered by this book which goes beyond a mere diagnosis of the ills of urbanism and their cause, and suggests possible solutions within the framework of a socialist structure of the community.

In all countries the problem of urbanism and its consequences is of particular and urgent importance. In Italy this is especially so, although urban concentration has not yet reached the intensity which may be found elsewhere in Euorpe, America and Asia. Since the phenomenon is still in the process of development, is it important that efforts should be made to keep it within reasonable limits by means of appropriate planning and programming, thus avoiding at least some of the negative effects. This book, impressive in the warmth of human passion which enlivens the exposition, and just as impressive in the richness of the data and the depth of the analyses it offers, could be the right stimulus and guide for all citizens, and particularly for those whose job it is to deal with the various sectors of the programming of urban development.

GIUSEPPE MONTALENTI

HOLMES, F. L.

Claude Bernard and Animal Chemistry

Harvard University Press, Cambridge, 1974
XXII+541 pp., £12.25

La fama del grande fisiologo francese Claude Bernard (1813-1878) è dovuta soprattutto alla sua scoperta (1848) della funzione glicogenetica del fegato e al suo libro di contenuto epistemologico, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865) che ancora oggi, tradotto in diverse lingue, è molto letto e apprezzato come un breviario del biologo sperimentale. La figura di questo fisiologo così come risulta dalle biografie e dai trattati di storia della medicina, corrisponde a quella dello scienziato nella sua età matura, membro dell'Accademia delle Scienze, quando i risultati dei suoi lavori erano universalmente apprezzati in tutto il loro valore. Il Prof. Holmes ha voluto invece eseguire uno studio sull'attività del Bernard nei primi anni della sua carriera, quando aspirava ad un posto, che non ottenne, nella Facoltà di Medicina di Parigi. Il periodo considerato dallo Holmes va dal 1842 al 1848, quando il giovane fisiologo era impegnato soprattutto (ma non esclusivamente) nello studio dei fenomeni della digestione. L'indagine è stata resa possibile dall'esame dei numerosi manoscritti di Claude Bernard conservati al Collège de France, dove fu creata per lui la cattedra di fisiologia (1854) e dove egli svolse la maggior parte della sua attività sperimentale. Dei manoscritti, che comprendono i protocolli dei suoi esperimenti e le riflessioni sui risultati, ha compilato un catalogo, pubblicato nel 1967, un altro studioso di Claude Bernard, il Prof. M. D. Grmek.

Lo studio che forma oggetto del presente libro è estremamente analitico e profondo. Rivela innanzitutto la psicologia di un giovane scienziato destinato a divenire uno dei maggiori biologi dell'epoca moderna, ma, in quegli anni, ancora incerto sul proprio futuro e sulle possibilità di riuscita in un

The fame of the great French physiologist Claude Bernard (1813-1878) is due above all to his discovery (1848) of the glycogenetic function of the liver and to his *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865), a book of epistemological content which has been translated into various languages and is still widely read and appreciated as a breviary for the experimental biologist. The figure of this physiologist which emerges from the various biographies and treatises of the history of medicine is one of the scientist in his maturity, member of the Academie des Sciences, in a period in which the results of his work were universally appreciated in all their value. Professor Holmes, however, has chosen to study Bernard's activity in the first years of his career, when he was aspiring, without success, to a place on the Faculty of Medicine in Paris. Holmes deals with the period from 1842 to 1848, when the young physiologist was mainly dedicated to the study of the phenomena of digestion. A number of manuscripts by Claude Bernard, kept in the Collège de France, where the Chair of Physiology was created for him in 1854 and where most of his experimental activity took place, constitute the basis of this inquiry. Another specialist of C. Bernard, Prof. M. D. Grmek, in 1967 published a catalogue of these manuscripts, which include the protocols of his experiments and his reflections on the results.

The study which forms the subject of this book is extremely analytical and far-reaching. In the first place it reveals the psychology of a young scientist destined to become one of the greatest biologists of the modern period, but, at the time, still uncertain as to his own future and the possibilities of success in a difficult academic environment. It offers a complete pic-

ambiente accademico difficile. Presenta poi una visione completa della storia delle ricerche sulla digestione e sul metabolismo, dai primi esperimenti di Réaumur e di Spallanzani nel secolo precedente fino alle indagini dei chimici ottocenteschi (Dumas, Boussingault, Liebig, ecc.). Nel dibattito fra l'interpretazione puramente chimica e l'interpretazione chimico-fisiologica, Claude Bernard si schiera per quest'ultima, ritenendo che i fenomeni vitali non possano essere interamente spiegati in termini chimici. Egli contrasta la tendenza dei chimici ad assorbire la fisiologia, e afferma che la chimica deve servire soltanto come uno strumento per l'analisi fisiologica.
Questo lavoro, assai ben documentato, è quindi non soltanto uno studio sulla formazione e l'emergenza di uno scienziato, come dice il sottotitolo, ma anche sulla emergenza di una disciplina, la biochimica, destinata ad avere grandiosi sviluppi negli anni successivi, fino ai tempi recenti. È pertanto un valido e prezioso contributo alla storia della biologia in un periodo particolarmente importante e significativo, che segna l'inizio della divergenza della chimica biologica dalla chimica organica.

ture of the history of research into digestion and the metabolism from Réaumur and Spallanzani's first experiments in the eighteenth century up to the inquiries of the nineteenth century chemists (Dumas, Boussingault, Liebig, etc.). In the debate between the purely chemical interpretation and the chemico-physiological interpretation, Claude Bernard sides with the latter, maintaining that vital phenomena cannot be entirely explained in chemical terms. He disagrees with the chemists' tendency to absorb physiology, and claims that chemistry should be used as an instrument in physiological analysis. This well-documented work is not only a study of the formation of a scientist, as the subtitle suggests, but also of the formation of a new discipline, biochemistry, destined to undergo extraordinary developments in the following years until recent times. It is thus an invaluable contribution to the history of biology in a period of particulari mportance and significance, one which marks the beginning of the divergence of biological chemistry from organic chemistry.

GIUSEPPE MONTALENTI

VAN LANCKER, J.

Molecular and Cellular Mechanisms in Disease

Vols. 1 and 2

Springer-Verlag, Berlin, 1976
xx+1168 pp., figs. and tables, DM 362,—

La patologia, come l'autore ricorda nella prefazione, cominciò a fornire spiegazione razionale dei meccanismi che determinano le malattie, solo quando fu fondata sulla base della teoria cellulare, per opera di R. Virchow, nella seconda metà del secolo

Pathology, as the author points out in the preface, began to provide a rational explanation of the mechanisms determining disease only after it had been based on cell theory by R. Virchow in the second half of the 19th century. Even today the bio-

XIX. Ancor oggi le scienze biologiche e in particolare la patologia si muovono in questo ambito. Tuttavia, a circa un secolo di distanza, è stato superato il livello cellulare, spingendo l'indagine fino alle strutture più piccole, che si avvicinano al livello molecolare, o lo raggiungono.
La microscopia elettronica e vari espedienti sperimentali più o meno complicati hanno consentito di osservare direttamente, o di riconoscere per via indiretta, le proprietà e la funzione di molte strutture fondamentali della cellula. In alcuni casi particolarmente fortunati si è potuto così raggiungere il livello molecolare. In patologia l'esempio classico di 'malattia molecolare' è rappresentato dalla emoglobina *S*, la quale differisce dalla normale per una singola sostituzione di un aminoacido nella catena polipeptidica *beta*. Questa variante molecolare conferisce alla emoglobina *S* proprietà diverse dalle normali, così che i portatori di questa anomalia, geneticamente determinata, sono affetti da una sindrome morbosa complessa, che può determinare la morte precoce degli individui omozigoti per il gene *HbS*.
Su queste basi, e sulla speranza che la patologia molecolare possa svilupparsi rapidamente applicandosi a numerosi altri casi, l'autore di questo libro ha scritto un trattato di patologia generale, che copre un vastissimo campo, spingendosi anche, nelle esemplificazioni, a parecchi argomenti di patologia speciale. Prende le mosse dall'analisi delle sorgenti cellulari di energia, tratta poi della determinazione della specificità cellulare, introducendo nozioni di genetica, di cariologia, di biologia molecolare, e giunge alle malattie ereditarie e in particolare agli errori congeniti del metabolismo. Nei capitoli successivi sono considerati i seguenti argomenti: malnutrizione, metabolismo del calcio e del fosforo; ferro e metabolismo dei pigmenti biliari; coagulazione del sangue, ormoni; alterazioni dei liquidi corporei e metabolismo degli elettroliti, con cui si chiude il primo volume. Nel secondo si trattano: morte cellulare e degenerazione; lipidi del sangue nell'arterio-

logical sciences, especially pathology, are still moving within this field. However, nearly one century later, investigation has progressed beyond cell level to the smaller structures at, or in the vicinity of, molecular level.
By means of electron microscopy and certain somewhat complicated experimental devices, it has been possible to observe directly, or to identify indirectly, the properties and the function of many basic cell structures. In some very lucky cases it has been possible to reach molecular level. In pathology the classical example of 'molecular disease' is represented by haemoglobin *S* (*HbS*) which differs from the normal variety (*HbA*) by a single amino acid substitution in the *beta* polypeptide chain. This molecular variant gives *S* haemoglobin properties differing from the normal ones, so that the carriers of this genetically determined abnormality are affected by a complex morbid syndrome which can lead to the early death of individuals that are homozygous for the *HbS* gene.
On these bases, and in the hope that molecular pathology can develop rapidly and be applied to numerous other cases, the author of this book has written a treatise on general pathology covering a huge area and, in its examples, even touching on many aspects of special pathology. It begins with an analysis of cellular energy sources and goes on to deal with cell specificity determination, introducing concepts of genetics, karyology and molecular biology. This is followed by hereditary diseases, in particular the inborn errors of metabolism. Later chapters deal with the following subjects: malnutrition, calcium and phosphorus metabolism, iron and bile pigment metabolism, blood coagulation, hormones, alterations in the body liquids and electrolyte metabolism, the latter concluding the first volume. The second deals with: cell death and degeneration, blood lipids in arteriosclerosis and hyperlipidemia, radiation, inflammation, immunopathology, regeneration, hypertrophy and wound healing, cancer.

sclerosi e nella iperlipidemia; radiazione; infiammazione; immunopatologia; regenerazione, ipertrofia e cicatrizzazione delle ferite; cancro.
Come si vede, una vera enciclopedia di patologia generale, diretta agli studiosi degli stati morbosi, dal punto di vista sia clinico, sia di ricerca fondamentale. Le indicazioni bibliografiche essenziali, che si trovano in fondo ad ogni capitolo, sono sufficienti per orientare il lettore che intenda approfondire un determinato argomento. È un'opera colossale, che abbraccia molti capitoli della biologia, dalla doppia elica di Watson e Crick e dalla sintesi delle proteine fino alla infiammazione, alla immunopatologia, alla rigenerazione, alla carcinogenesi. Può quindi essere assai utile nella biblioteca degli istituti medici.

It thus forms a true encyclopaedia of general pathology written for those interested in morbid states both from the clinical and the fundamental standpoints. The essential references at the end of each chapter are sufficient to orient the readers intending to go further into a given subject. It is a monumental work embracing many sections of biology ranging from Watson and Crick's double helix and protein synthesis to inflammation, immunopathology, regeneration and carcinogenesis. It is thus a useful addition to the library of medical departments.

GIUSEPPE MONTALENTI

RIEGER, R., MICHAELIS, A. and GREEN, M. M.

Glossary of Genetics and Cytogenetics: Classical and Molecular

Springer-Verlag, Berlin, 1976 (IV Ed.)
647 pp., figs. and tables, DM 36,—

La nuova edizione di questo eccellente glossario sarà accolta con favore — come la precedente — dai genetisti, dai citologi e dai biologi in generale. Le principali caratteristiche che rendono questo dizionario prezioso sia per i principianti, sia per i ricercatori più esperti, sono, oltre alla compiutezza (in questa edizione è stato necessario aggiungere in bozze un'appendice di termini nuovi per lo più introdotti nel 1975) la precisione delle definizioni, i rimandi che collegano i vari esponenti, e soprattutto le indicazioni bibliografiche, grazie alle quali è possibile rintracciare la pubblicazione dell'autore che primo ha usato il termine, e quelle di coloro che eventualmente ne abbiano in seguito modificato il significato.

Like its predecessor, the new edition of this excellent glossary will be welcomed by geneticists, cytologists and biologists in general. The main features that make this dictionary invaluable for beginners as well experienced research workers as for are, in addition to its completeness (in this edition an appendix of new terms, mostly introduced in 1975, had to be added at the proofs stage), the accurate definitions, cross-references and, above all, the references thanks to which it is possible to find the publication of the author who first used the term as well as those who later modified its meaning.

GIUSEPPE MONTALENTI

MULKAHY, D. L. (ed.)

Gamete Competition in Plants and Animals

Proceedings of the Symposium on Gamete Competition in Plants and Animals, Villa Carlotta, Lake Como, Italy, 21-23 August, 1975.
North-Holland Publishing Company/American Elsevier Publishing Company, Amsterdam/New York, 1975.
IX+288 pp., figs. and tables, $ 27.50

La competizione fra i gameti, all'atto della fecondazione, è conosciuta da molto tempo nelle piante. I botanici l'hanno indicata con il nome *certatio*. Recentemente ne sono state descritti parecchi casi anche negli animali. Probabilmente la cosiddetta *segregation distortion* (SD) trovata in *Drosophila* è riconducibile a fenomeni di questo genere, cioè al fatto che alcuni spermatozoi, portatori di determinati geni, sono più degli altri atti alla fecondazione, e quindi fecondano un maggior numero di uova.
In questo colloquio sono passati in rassegna da autori competenti i principali fatti conosciuti su questo fenomeno, che è un episodio della selezione naturale, la quale si esercita a livello gametico.

Gamete competition at fertilization in plants has been known for some time, and botanists refer to it by the term *certatio*. Recently, numerous cases have been described also in animals. The so-called segregation distortion (SD) found in *Drosophila* is probably related to phenomena of this kind, i.e. to the fact that certain spermatozoa bearing certain genes are more suitable for fertilization than others, and thus fertilize a larger number of eggs. In this symposium qualified authors review the main known facts concerning this phenomenon, which is an aspect of natural selection occurring at gamete level.

GIUSEPPE MONTALENTI

JOHNSON, R. E.

Sir John Richardson

Taylor and Francis Ltd., London, 1976
XII+209 pp., figs. and tables, £15.00

Nei secoli XVIII e XIX molti personaggi, soprattutto inglesi e francesi, si diedero alla vita avventurosa, esplorando mari e terre poco conosciuti, raccogliendo e descrivendo piante, animali e altri oggetti naturali, avvicinando popoli diversi, delle cui caratteristiche fisiche, psicologiche, sociali, lasciarono descrizioni che oggi sono preziose. Così fecero, fra gli altri, due grandi natu-

In the 18th and 19th centuries, many figures, especially Frenchmen and Englishmen, took up lives of adventure, exploring unknown seas and lands, collecting and describing plants, animals and other natural objects, and approaching different peoples of whose physical, psychological and social characteristics they left us descriptions of enormous value today. Among them were

ralisti, Darwin e Huxley, indipendentemente l'uno dall'altro. La vita di Sir John Richardson, accuratamente rievocata in questo libro, è un esempio di questa attività. Nato in Scozia nel 1787, laureato in medicina a Edimburgo, fu dapprima chirurgo navale durante le guerre napoleoniche. Si aggregò poi alle spedizione artiche, nel Canada, di John Franklin (1819-1822 e 1825-1827). Nel 1847 andò in cerca dell'ultima spedizione di Franklin, con le navi *Erebus* e *Terror*, che non aveva fatto ritorno. Ritornò poi in patria e attese a scrivere i resoconti delle proprie spedizioni. Morì nel 1865. A lui si devono, fra l'altro, le descrizioni di molti animali (mammiferi, uccelli, pesci) delle terre e delle acque boreali americane.

Questa biografia è assai dettagliata, ma tuttavia di gradevole lettura. Tutta la parte documentaria, molto analitica, e, per quanto si può giudicare, completa, è raccolta nelle quattro appendici, e in due elenchi bibliografici delle opere di Richardson pubblicate e di quelle inedite.

two great naturalists, Darwin and Huxley, independently of each other. The life of Sir John Richardson, which is carefully narrated in this book, is an example of this activity. He was born in Scotland in 1787, graduated in medicine at Edinburgh and began as a navy surgeon during the Napoleonic wars. He then joined the Arctic expeditions to Canada led by John Franklin (1819-1822 and 1825-1827). In 1847 he went in search of Franklin's last expedition in the H. M. S. *Erebes* and *Terror* which had been lost. On his return home he set about writing accounts of his own expeditions. He died in 1865. It is to him that we owe many descriptions of animals (mammals, birds, and fish) dwelling in the American boreal lands and waters. Although extremely detailed, this biography makes pleasant reading. The extremely analytic documentary part appears to be complete and is entirely contained in the four appendices and two bibliographic lists of the published and unpublished works by Richardson.

GIUSEPPE MONTALENTI

BODMER, H. F. and CAVALLI-SFORZA, L. L.

Genetics, Evolution, and Man

Freeman and Co., San Francisco, 1976
xvi+782 pp., figs. and tables, $16.00

I libri di testo di genetica si sono moltiplicati enormemente negli ultimi anni, in molte lingue. Per lo più si ripetono in modo piuttosto monotono, ancorché si possano classificare in alcune categorie: genetica generale, genetica umana, genetica vegetale, ecc. Non vale la pena di recensirli se non hanno qualche caratteristica differenziale molto notevole. Questo è il caso del presente volume, che è centrato sull'uomo, tanto che anche i principi di genetica generale esposti nella prima parte sono illustrati prevalentemente con esempi tratti dall'uomo. Questo organismo, che era ritenuto tradizional-

There has been an enormous increase in the number of textbooks of genetics published in recent years in many languages. They are mostly monotonous repetitions and can be classified in some categories, namely as general genetics, human genetics, plant genetics, etc. There is no point in reviewing them unless they have some important distinguishing feature. This is clearly the case of the present volume which is centered upon man to the extent that even the principles of general genetics set out in the first part are illustrated mostly by examples taken from man. This organism, normally

mente un pessimo oggetto per lo studio della genetica (perché non si possono fare incroci a volontà dello sperimentatore, non si possono esaminare numerose generazioni successive, ecc.) si è invece dimostrato un ottimo oggetto di studio per molti problemi (genetica biochimica, genetica di popolazioni, ecc.).

La caratteristica di questo libro che merita di essere sottolineata (oltre alla ricchezza di dati e alla modernità della informazione) è l'impostazione vorrei dire filosofica, che è dichiarata nella prefazione e sviluppata man mano, con opportuni esempi, nel corso della trattazione. Ogni individuo non è il risultato del puro giuoco dei geni, bensì dell'interazione fra la costituzione genetica e i fattori ambientali. I geni non determinano irrevocabilmente un dato carattere, bensì una 'norma di reazione' ai fattori ambientali, per cui il carattere può realizzarsi in modo più o meno intenso, più o meno completo, o addirittura non realizzarsi affatto nel fenotipo, a seconda delle condizioni d'ambiente in cui avviene lo sviluppo. Perciò la costituzione genetica non si deve concepire come una fatalità ineluttabile in senso che vorrei definire calvinistico (ancorché in alcuni casi non sia praticamente possibile modificarla, con i mezzi di cui attualmente disponiamo) ma piuttosto come una serie di possibilità, la cui realizzazione dipende, in gran parte almeno, dalle circostanze ambientali. Poiché queste, nell'uomo, dipendono in larga misura dall'uomo stesso (interventi terapeutici, profilattici, educativi) è evidente quanta importanza abbia, nella realizzazione della persona umana, il fattore ambiente, larga mente inteso.

Su questa base è impostata buona parte della trattazione fatta da Bodmer e Cavalli, la quale si articola in quattro parti: 1) Genetica generale, 2) Genetica di popolazioni, 3) Caratteri complessi e il problema genotipo-ambiente, compreso il dibattuto problema dell'*intelligence quotient* (IQ), 4) Evoluzione, benessere dell'umanità e società, compreso il problema delle differenze razziali, e quelli relativi alla genetica medica

considered as a very bad subject for genetics studies (because experimental breeding cannot be carried out and it is not possible to observe numerous successive generations etc.) has been found to be an excellent subject for the study of many problems (biochemical genetics, population genetics, etc.).

The feature of this book tha tis worth stressing (in addition to the wealth of data it contains and its uptodatedness) is its philosophic approach, as it were, which is openly declared in the introduction and gradually developed throughout the treatment by means of good examples. Each individual is not simply the result of the action of its genes, but of the interaction between genetic constitution and environmental factors. The genes do not determine a given character irrevocably, but only as a 'reaction norm' to environmental factors so that the character can be realised to a greater or lesser extent, more or less completely, or even not be realised at all in the phenotype, according to the environmental conditions in which development occurs. Thus genetic constitution must not be thought of as inevitable in what I would call the Calvinistic sense (even though in some cases it is practically impossible to modify its effects by the means actually available) but rather as a series of possibilities whose realisation is, to a considerable extent dependent on environmental conditions. As, in the case of man, these are largely dependent on man himself (therapeutic, preventive, and educational action), it is obvious how important is the environmental factor, in the broad sense of the term, in the realisation of the human being.

Most of Bodmer and Cavalli's treatment follows this approach. The book is divided into four parts: namely 1) Mechanisms of inheritance, 2) Population genetics, 3) Complex traits and the nature-nurture problem, including the much debated problem of the intelligence quotient (IQ), 4) Evolution, human welfare and society, including the problem of race differences and those related to medical and social genetics. The book makes relative little use of mathematics which many biologists

e sociale. Nel corso del testo vi è poca matematica, che di solito esercita una azione deterrente su molti biologi. La matematica è però raccolta in una ampia appendice.
In complesso, dunque, un libro di utile consultazione e di piacevole lettura, che affronta molti problemi importanti in campo filosofico-sociale (anche se di parecchi non si può oggi offrire una soluzione univoca e definitiva) e che non fa duplicato con alcun altro testo, per quanto mi è noto.

usually find so daunting. The mathematics are collected in an extensive appendix.
The book is a useful and easy-to-read reference work dealing with many important problems including some of a philosophic and social nature (even though for many of them a univocal and definitive solution cannot be provided at the present time) and, as far as I know, is quite original in its approach.

GIUSEPPE MONTALENTI

WATSON, J. D.

Molecular Biology of the Gene

W. A. Benjamin, Inc., Menlo Park, 1976 (III Ed.)
xxiv+739 pp., figs. and tables, No price stated

Questo libro di Watson (che insieme con F. H. C. Crick scoperse nel 1953 la struttura a due filamenti avvolti ad elica della molecola del DNA, ciò che valse ai due autori l'attribuzione del Premio Nobel per la medicina e la fisiologia nel 1962) è un classico, tradotto in molte lingue, e ampiamente usato come testo nei corsi superiori di genetica, di biologia molecolare e di biochimica.
Come l'autore osserva nell'introduzione, la caratteristica più singolare della biologia molecolare è che essa non rallenta il ritmo del proprio sviluppo. Quindi l'insegnante deve continuamente aggiornarsi, e così pure il ricercatore che voglia seguire i progressi di questa grande conquista della biologia moderna. Questa edizione, pur conservando la struttura, e anche, integralmente, i capitoli introduttivi delle prime due, è aggiornata a tutto il 1975.

This book by Watson (who in 1953 together with F. H. C. Crick recognised the structure of the DNA molecule with its two strands coiled into a helix, a discovery that earned the two workers the Nobel Prize for medicine and physiology in 1962) is a classic. It has been translated into many languages and is widely used as a textbook in advanced courses in genetics, molecular biology and biochemistry.
As the author observes in his introduction, « perhaps the most striking aspect of molecular biology today is that it is not slowing down ». Those teaching it must thus keep up to date, as must the research worker who intends to follow the progress made in this great conquest of modern biology. Although maintaining unchanged the same structure and the introductory chapters of the first two editions, this one has been updated as far as the end of 1975.

GIUSEPPE MONTALENTI

INGRAM, D.L. and MOUNT, L.E.

Man and Animals in Hot Environments

Series: Topics in Environmental Physiology and Medicine
Springer-Verlag, Berlin, 1975
XI+185 pp., figs. and tables, DM 73,10

Gli effetti della temperatura elevata sugli organismi sono relativamente poco conosciuti, e ancor meno le possibilità di adattamento delle varie specie animali, nonché dell'uomo.
In questo libro gli autori hanno riunito quanto risulta dalla letteratura (più di 400 lavori citati). Il primo capitolo introduttivo, è seguito da due capitoli in cui il problema degli scambi termici fra animale e ambiente è trattato dal punto di vista fisico. Segue la trattazione dei meccanismi fisiologici, che occupa i capitoli 4 - 8. Gli ultimi due sono dedicati all'adattamento, rispettivamente degli animali e dell'uomo, agli ambienti caldi.
Gli argomenti considerati in questo volume sono di grande interesse teorico e pratico, soprattutto oggi, in cui si hanno grandi spostamenti di uomini e di animali in ambienti diversi da quelli originari. Questo libro raccoglie ed esamina criticamente le nozioni di cui la scienza attualmente dispone, e serve quindi come introduzione allo studio di questo specifico campo della fisiologia e della ecologia.

The effects of high temperatures on organisms are still comparatively unknown and the possibility of adaptation to them of the various animal species including man even more so.
The authors have collected in this book everything that has appeared in the literature (more than 400 papers cited). The first introductory, chapter is followed by two chapters on the problem of heat exchange between the animal and its environment, dealt with from the physical point of view. This is followed by the treatment of physiological mechanisms (Ch. 4 - 8). The last two are on adaptation to hot environments by animals and man respectively.
The subjects dealt with in this book are of great theoretical and practical interest, particularly today, when there are large movements of men and animals towards environments different from their orginal ones. In this book are collected and critically examined the concepts now available to science. It is thus useful as an introduction to the study of this specific field of physiology and ecology.

GIUSEPPE MONTALENTI

HAYMAN, W. K. and KENNEDY, P. B.

Subharmonic Functions, Vol. 1

Series: London Mathematical Society Monographs, Vol. 9
Academic Press, London, 1976
XVIII+284 pp., £11.60

La *teoria del potenziale*, che attualmente è un importante capitolo dell'analisi matematica, è stata essenzialmente originata dagli studi sull'elettrostatica e sull'attrazione newtoniana. Il suo grande sviluppo è dovuto al fatto che, da più di un secolo, essa ha posto ai matematici problemi così delicati da sollecitare l'introduzione e il raffinamento di metodi e tecniche particolarmente potenti. Basti ricordare i metodi variazionali di Gauss - Dirichlet - Hilbert e la teoria delle distribuzioni di Schwartz.
Nell'ambito della teoria del potenziale, un settore di grande importanza è costituito dalla teoria delle funzioni subarmoniche. Queste funzioni vennero introdotte verso il 1924 da F. Riesz a seguito di un approfondimento dello studio del modulo di una funzione olomorfa; le loro proprietà fondamentali sono le seguenti: 1) la semicontinuità superiore; 2) il valore della funzione in un punto generico z_0 non supera la media della funzione sulla circonferenza $|z - z_0| = r$. Il loro nome deriva da quello delle funzioni armoniche; così si chiamano le soluzioni dell'equazione di Laplace, la cui proprietà fondamentale è appunto una proprietà del tipo 2), dove però vale sempre l'eguaglianza tra valore della funzione e media.
L'opera di Hayman e Kennedy costituisce uno strumento notevolmente importante per lo studio delle funzioni subarmoniche in uno spazio euclideo m-dimensionale R_m, $m \geqslant 2$. In molte opere infatti l'attenzione viene focalizzata essenzialmente sul caso $m = 2$, cioè sul caso di funzioni subarmoniche nel piano.
Questo primo volume si compone di cinque capitoli. Il primo capitolo contiene materiale introduttivo su teoria degli insiemi e su varie classi di funzioni fino alla determinazione delle proprietà fondamentali delle

Potential theory, currently an important chapter in mathematical analysis, basically originated in the studies on electrostatics and Newtonian attraction. Its great development is due to the fact that, for more than one century, it has created such delicate problems for mathematicians that they have had to introduce and refine extremely powerful methods and techniques, e.g. the Gauss - Dirichlet - Hilbert variational methods and Schwartz' distribution theory.

An important part of potential theory is the theory of subharmonic functions. These functions were introduced in about 1924 by F. Riesz as a result of the more detailed study of the modulus of a holomorphic function. Their fundamental properties are as follows: 1) upper semi-continuity; 2) the value of the function at any point z_0 does not exceed the mean of the function on the circumference $|z - z_0| = r$. Their name derives from that of the harmonic functions, i.e. the solutions of the Laplace equation whose fundamental property is a property like 2) where, however, the equality between value of the function and mean is always valid.

Hayman and Kennedy's book is an extremely important tool for studying subharmonic functions in an m-dimensional Euclidean space R_m, $m \geqslant 2$. In many books, in fact, the stress is laid mainly on the case $m = 2$, i.e. on the case of subharmonic functions in a plane.

This first volume consists of five chapters. The firts chapter contains introductory material on set theory and on various classes of functions as far as the determination of the fundamental properties of harmonic

funzioni armoniche in R^m e alla dimostrazione dell'unicità del problema di Dirichlet.
Nel secondo capitolo si introducono le funzioni subarmoniche e se ne studiano le proprietà elementari; si passa poi ad esporre il metodo di Perron per la soluzione del problema di Dirichlet.
Nel capitolo terzo viene dedotto il classico risultato di F. Riesz sulla rappresentazione delle funzioni subarmoniche e ne vengono dedotte alcune conseguenze. Riferimenti vengono anche fatti alla teoria di Nevanlinna delle funzioni meromorfe.
Il capitolo quarto è dedicato al comportamento globale di funzioni subarmoniche su tutto R^m. In particolare si ottengono risultati sull'ordine delle funzioni subarmoniche anche in riferimento a teoremi sui valori asintotici delle funzioni intere.
Finalmente nel quinto capitolo si affrontano questioni più profonde della teoria del potenziale classica. In particolare si definiscono la capacità di un insieme compatto (una nozione ispirata dall'elettrostatica) e gli insiemi polari (cioè gli insiemi di capacità nulla); si espongono inoltre recenti risultati di Choquet riguardanti l'estensione di tali nozioni ad arbitrari insiemi di Borel misurabili di R^m. Lo scopo principale del capitolo è di mostrare che, in parecchi problemi di teoria del potenziale, gli insiemi polari giocano il ruolo di insiemi trascurabili o nulli.
Al primo volume dovrebbe seguire un secondo dedicato ad ulteriori risultati riguardanti le funzioni subarmoniche nel piano.

functions in R^m and the demonstration of the uniqueness of Dirichlet's problem.
In chapter two subharmonic functions are introduced and their elementary properties studied. The authors then go on to illustrate Perron's method for solving Dirichlet's problem.
Chapter three gives the deduction of the classic result of F. Riesz on the representation of subharmonic functions and a few consequences of it are deduced. Reference is made also to Nevanlinna's theory of meromorphic functions.
Chapter four is on the global behaviour of subharmonic functions over the whole of R^m. In particular, results are obtained on the order of subharmonic functions also in relation to theorems on the asymptotic values of entire functions.
Then in chapter five more profound questions concerning the classical theory of potential are dealt with. In particular a definition is given of the capacity of a compact set (a notion based on electrostatics) and polar sets (i.e. sets of zero capacity). An explanation is also given of Choquet's recent results on the extension of these notions to arbitrary measurable Borel sets of R^m. The main aim of the chapter is to show that in many problems of potential theory polar sets play a role of negligible or zero sets.

The first volume is to be followed by a second one on further results concerning subharmonic functions in a plane.

MARIO BERTERO

BIANCHI, G. and MUSSINI, T.

Elettrochimica

Tamburini/Masson Editori, Milano, 1976
XVIII+436 pp., figs. and tables, L. 24.000

Il volume di Bianchi e Mussini si aggiunge ai pochissimi esistenti oggi in Italia in un campo della scienza che proprio in Italia ha avuto un preciso e non casuale atto di nascita con le scoperte di Volta, Galvani, Fabbroni, Brugnatelli, ecc.

Una delle ragioni della attuale crisi di identità dell'elettrochimica e degli elettrochimici — e non solo nel nostro paese — è paradossalmente da ricercarsi nel carattere tipicamente interdisciplinare delle tematiche elettrochimiche, che spaziano ormai nei campi più diversi, dalla fisiologia del sistema nervoso agli equilibri di scorie per l'elaborazione dell'acciaio, dalle pile miniaturizzate all'accumulo di energia e ai giganteschi impianti di elettrolisi, dalle membrane ioniche ai fenomeni corrosivi e ai metodi di protezione dei metalli, dalla chimica dei colloidi alla geologia, dai metodi microanalitici alle sintesi organiche. La trattazione di queste tematiche è però affrontata e sviluppata per lo più in maniera indipendente e separata, perpetuando quei caratteri di parzialità, unilateralità, incomprensione e perfino di litigiosità fra diverse scuole o cultori che si ritrovano anche nei 'padri fondatori' (basti ricordare la famosa polemica sulla sede della forza elettromotrice che ha coinvolto Volta ed i neo-voltiani da un lato e Faraday, Ostwald, Nernst, Maxwell, ecc. dall'altro).

Non si può quindi non apprezzare anzitutto lo sforzo degli autori di questo libro di ricondurre all'unità e presentare in maniera integrata le varie parti, dell'elettrochimica, cercando di collegare in un'unica matrice concettuale argomenti che di norma vengono presentati come a sé stanti. Il risultato tuttavia non sempre premia questo ambizioso e puntiglioso impegno, soprattutto

This book by Bianchi and Mussini is an addition to the very small number that exists nowadays in Italy in a branch of science that was born precisely in our country, and not by chance, but as a result of the discoveries of Volta, Galvani, Fabbroni, Brugnatelli, etc.

One of the reasons for the present crisis of identity in electrochemistry and among electrochemists, and not only in our country, lies, paradoxically, in the typically interdisciplinary nature of electrochemical problems. The latter concerns widely different fields, ranging from the physiology of the nervous system to slag equilibria for steel manufacture, from miniaturized batteries to energy accumulation and to the huge electrolysis plants, from ionic membranes to corrosion phenomena and to metal protection methods, from colloid chemistry to geology, from microanalytic methods to organic synthesis. However, the treatment of these subjects is usually approached and developed independently and separately, thereby it continues those features of partiality, unilateralness, misunderstanding and even quarrelsomeness between the various schools or experts that are found even in the 'founding fathers' (it is enough to mention the famous controversy on the location of electromotive force that involved Volta and the neo-Voltians on the one hand and Faraday, Ostwald, Nernst, Maxwell, etc., on the other).

One cannot help thus appreciating above all the effort made by the authors of this book to unify and to present the various branches of electrochemistry in an integrated form, trying to join up subjects that are normally presented as independent in a single conceptual matrix. Not always, however, this ambitious and thorough endeavour is rewarded by the results, espe-

per quanto concerne il diverso peso con cui vengono sviluppati vari argomenti.

Un altro pregio del volume deriva dalla cura costante degli autori di esemplificare sopra una base concreta, cosicché il lettore può apprendere, oltre che l'elettrochimica fondamentale, anche la chiave d'interpretazione delle tecnologie elettrochimiche. Da questo punto di vista, particolarmente rilevante appare la presentazione della cinetica elettrochimica in termini di dissipazione e lo sviluppo — sempre nella stessa ottica — della teoria degli elementi galvanici in corto circuito e delle reazioni successive e concorrenti. Ci si consenta, infine, un appunto che ci è suggerito soprattutto dalla lettura del primo capitolo, peraltro molto esauriente, sulla storia e gli sviluppi dell'elettrochimica, ma anche dalla presenza, nel corso dell'intero volume, di continui e precisi riferimenti a scienziati, che hanno portato contributi significativi alle varie parti trattate. Ebbene, pensiamo che in non poche occasioni avrebbe potuto figurare il nome di Roberto Piontelli, che invece non ricorre mai.

La trattazione della materia è articolata nel modo seguente: nella prima parte (generalità e definizioni), oltre al già citato capitolo sulla storia e gli sviluppi dell'elettrochimica, corredato da una efficace tavola cronologica, ne sono contenuti altri su: i sistemi elettrochimici, stechiometria delle reazioni elettrochimiche, polarizzazione dei sistemi elettrochimici. La seconda parte (elettroliti) è dedicata a: elettroliti solidi, sali fusi, soluzioni elettrolitiche. Nella terza e quarta parte (energetica elettrochimica e semielementi galvanici), oltre agli argomenti tradizionali sviluppati in modo da chiarire il significato di quelle convenzioni di stato standard che tendono spesso a rinchiudere il discorso su quegli argomenti in un ristretto cerchio specialistico, sono contenuti capitoli dedicati alle membrane e ai fenomeni elettrochimici di membrana, ed alla rappresentazione grafica dell'equilibrio elettrochimico, con particolare riferimento ai diagrammi di Pourbaix (potenziale-pH). La quinta

cially as regards the different weight given to the development of the various subjects. The book has also another merit due to the authors' constant care to give concrete examples so that the reader can learn not only basic electrochemistry but also the key to understand electrochemical technologies. From this standpoint, the presentation of electrochemical kinetics in terms of dissipation is of particular significance as well as the development, in the same perspective, of the theory of short-circuit galvanic elements and of the consequent and competitive reactions.
There is one remark that ought to be made, however, and it is suggested above all by a reading of the nevertheless exhaustive first chapter on the history and development of electrochemistry, as well as by the continuous and explicit references made throughout the book to scientists that gave significant contributions to the various branches treated, i.e. on more than one occasion the name of Roberto Piontelli ought to have been mentioned instead of being passed over in silence.
The treatment of the subject is divided up as follows: the first part (general and definitions), in addition to the above-mentioned chapter on the history and development of electrochemistry accompanied by an effective chronological table, also contains others on electrochemical systems, the stoichiometry of electrochemical reactions, the polarization of electrochemical systems. The second part (electrolytes) is on: solid electrolytes, fused salts, and electrolytic solutions. In the third and fourth parts (electrochemical energetics and galvanic semi-elements) the traditional subjects are developed in such a way as to clarify the meaning of those standard state conventions that often have the result to restrict discussion of these subjects to a narrow circle of specialists. They also contain chapters on membranes and the electrochemical phenomena of membranes, on the graphic representation of electrochemical equilibria, with special reference to Pourbaix' diagrams (potential-pH). The

parte tratta del doppio strato elettrico, premessa indispensabile alla sesta ed ultima parte sulla cinetica elettrochimica.
Chiara e gradevole la presentazione tipografica. Troppo elevato però il prezzo per una ampia circolazione del libro tra gli studenti!

fifth part deals with the electric double layer, an indispensable premise for the sixth and last part on electrochemical kinetics.
The typeset is clear and pleasant to read, although the price is too high for wide circulation of the book among students!

PIETRO PEDEFERRI

MEYER-ARENDT, J.R.

Introduzione all'ottica classica

Zanichelli Editore, Bologna, 1976
x + 484 pp., figs. and tables, L. 12.400

Il volume porta un titolo molto impegnativo: volendo 'introdurre' il lettore nello studio di una scienza, si dovrebbe mettere bene in evidenza le basi su cui essa si fonda; si dovrebbe definire il campo di studio e la formazione culturale e nozionale che l'Autore richiede al lettore, perché questi possa comprendere a pieno i ragionamenti che gli vengono presentati nel volume. E, infatti, la prima pagina del libro, sotto il titolo « Introduzione » contiene una lista dei vari aspetti dell'Ottica — geometrica, fisica, spettroscopica; si citano, inoltre le 'scienze affini', quali l'Ottica fisiologica e quella Psicologica. Questa suddivisione non è d'altra parte rigorosamente rispettata nel corso del libro, che risulta diviso in sei parti. La prima riguarda la trattazione elementare della formazione delle immagini; la seconda riguarda l'Ottica ondulatoria; seguono, nella terza parte, le proprietà della luce e della materia, nella quarta parte viene esposta l'Ottica delle trasformazioni; nella quinta, l'Ottica quantistica e, nella sesta, elettromagnetismo e relatività.
La quantità del contenuto del volume è veramente ingente. Per far sì che tutto questo materiale sia condensato in sole 500 pagine, l'Autore ha corredato ogni capitolo di una ricca bibliografia che potrà essere molto utile allo studioso che desidera approfondire gli argomenti che, necessariamente, sono stati trattati in forma concisa, anche se ammirevolmente rigorosa.

The title of this volume promises a lot. In 'introducing' the reader to the study of a science, the bases on which it rests should be clearly explained. The field of study and the cultural and notional background the author demands of the reader should be defined, so that the latter can fully understand the arguments dealt with in the book. And in fact the first page of the book entitled « Introduction » contains a list of the various aspects of Optics — geometry, physics, spectroscopy. Mention is also made of allied sciences like physiological and psychological optics. However, this subdivision is not strictly adhered to throughout the book, which is divided into six parts. The first provides an elementary treatment of image formation; the second is on wave optics. The third part deals with the properties of light and matter and the fourth is on the optics of transformations. The fifth is about quantum optics and the sixth is on electromagnetism and relativity.
The contents of the volume are quite huge. In order to condense all this material into only 500 pages, the author has provided each chapter with an extensive bibliography which will be very useful to the worker wishing to find out more about subjects that have been necessarily treated in a concise, although admirably rigorous, form.

LUCIA ROSITANI RONCHI

CORNBLEET, S.

Microwave Optics

The Optics of Microwave Antenna Design
Series: Pure and Applied Physics, Vol. 41
Academic Press, London, 1977
XVII + 416 pp., figs. and tables, £15.80

L'argomento specifico del libro è meglio chiarito dal sottotitolo *L'ottica nel progetto delle antenne a micro-onde* di quanto non lo sia dal titolo *Ottica a micro-onde* che, come nota l'Autore stesso, indica un campo molto più vasto di quello trattato.
Per quanto riguarda il progetto delle antenne a micro-onde, il libro rappresenta una impostazione chiara ed abbastanza completa dell'argomento, spaziando dai principi basilari dell'ottica geometrica (Appendice I), espressi in una forma non del tutto usuale ma molto opportuna dal punto di vista applicativo, al progetto dei sistemi ottici più o meno convenzionali, cioè formati da specchi o lenti (Cap. I), fino ai sistemi ottici più sofisticati, come quelli che impiegano mezzi dielettrici non uniformi o come le cosiddette lenti 'geodetiche' (Cap. II). Nel Capitolo III viene trattato il problema della diffrazione da parte di aperture circolari sia uniformemente che non uniformemente illuminate, mentre nel Capitolo IV si tratta il problema della sintesi dei diagrammi di radiazione delle antenne, cioè il problema della determinazione della distribuzione di campo sull'apertura radiante di un'antenna che dia luogo a un diagramma di radiazione prescritto. Per questo tipo di problemi è necessario tutto un bagaglio di conoscenze matematiche che, comunque, vengono ricordate in Appendice (II).
Il Capitolo V tratta i problemi e le tecnologie connesse con la polarizzazione della radiazione elettromagnetica. Infine, nel Capitolo VI si lancia un ponte verso il futuro, con suggerimenti per ulteriori sviluppi della ricerca nel campo dell'ottica a micro-onde.
Un lato molto apprezzabile del libro è il continuo impegno dell'autore a mettere in evidenza i legami fra il campo specifico in oggetto ed altri campi dell'indagine fisica,

The subject specifically dealt with in the book is better clarified by the sub-title *The Optics of Microwave Antenna Design* than by its actual title of *Microwave Optics*. As the author himself points out, the latter covers a much vaster field.
The book's approach to microwave antenna design is clear and fairly complete. It ranges from the basic principles of geometric optics (Appendix 1) expressed in a rather unusual form that is, however, very suitable for applied purposes, to the design of relatively conventional optical systems, i.e. consisting of mirrors or lenses (Chap. I), and to more sophisticated optical systems such as those using non-uniform dialectric means or the so-called 'geodetic' lenses (Chap. II). Chapter III is on the problem of diffraction by circular apertures, both uniformly and non uniformly illuminated, while Chapter IV is on the synthesis of antenna radiation diagrams, i.e. the problem of the determination of field distribution over the radiating aperture of an antenna which produces a specified radiation diagram. This type of problem calls for a full set of mathematical knowledge which is, however, mentioned in Appendix II. Chapter V deals with problems and technologies connected with the polarization of electromagnetic radiation. Chapter VI looks forward into the future with suggestions for further research developments in the field of microwave optics.

One very positive feature of the book is the author's continuous efforts to illustrate the links between the specific field being treated and other fields of physical investigation, e.g. the analogy between electromagnetic radiation polarization and particle spin.

come, per esempio, l'analogia esistente fra la polarizzazione della radiazione elettromagnetica e lo spin delle particelle. Questi legami ed analogie non sono solo una curiosità o qualcosa di cui rendersi conto a posteriori, ma implicano soprattutto la possibilità di fare progressi ed aprire nuove strade in un campo, trasportandovi risultati e tecniche già acquisite ed applicate con successo in un altro campo.

Un altro aspetto molto stimolante del libro è il modo con cui il materiale è stato organizzato, per cui un dato elemento ottico è visto non come a sé stante, ma come un caos particolare di una famiglia, di cui altri membri, magari non ancora studiati specificamente, possono avere proprietà altrettanto interessanti anche se con diverse applicazioni potenziali.

Come conclusione possiamo dire che il libro in oggetto dovrebbe essere consigliato a tutti coloro che si occupano di antenne a microonde sia dal punto di vista applicativo che dal punto di vista della ricerca di nuove soluzioni. Nonostante il richiamo nelle appendici delle nozioni fondamentali necessarie alla comprensione del testo, a nostro giudizio il libro non è a livello di studente universitario, richiedendo una preparazione specifica nel campo dell'ottica e della propagazione delle onde elettromagnetiche che generalmente si acquista dopo aver lavorato almeno un po' nel campo.

These links and analogies are not mere curiosities or something to be explained *a posteriori*. Above all they imply the possibility of progress and of opening up new paths in one field by transferring to it results and techniques already introduced and successfully applied in another field.

Another very stimulating aspect of the book is the way in which the material has been organised so that a given optical datum is not viewed separately but as a special case of a family whose other members, perhaps not yet studied specifically, may have equally interesting properties, albeit with different potential applications.

In conclusion, this book can be recommended to all those interested in microwave antennas from the standpoint of their application or research into new solutions. In spite of the resumé of the basic notions needed to understand the text contained in the appendix, the book is post-university student level and presupposes specific training in the field of optics and electromagnetic wave propagation which is normally acquired only after some practical experience in the field.

LUCIA ROSITANI RONCHI

KOECHNER, W.

Solid-State Laser Engineering

Springer Series in Optical Sciences, Vol. 1
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XI+620 pp., figs. and tables, DM 97,40

Questo è il primo volume della nuova 'Springer Series in Optical Sciences'. È stata indubbiamente un'idea molto felice aprire questa nuova serie con un'opera dedicata al funzionamento e alla costruzione dei laser a stato solido. I motivi possono apparire ovvi ma è forse utile puntualizzarli.
Per le scienze ottiche, fondamentali sono le sorgenti luminose; il laser, la più recente, ha portato una rivoluzione completa in ottica. Di laser ce ne sono però di tre tipi: a gas, a semiconduttore, a stato solido. Oggigiorno forse sono proprio questi ultimi in maggior estensione per attuabilità ed impiego. Si usano sia nella ricerca fondamentale che in quella applicata. Grazie alle altissime potenze che possono raggiungere (da 10^6 a 10^{14} W) sono usati per indagare il comportamento della materia sottoposta a campi elettrici dell'ordine di grandezza dei campi elettrici interatomici. Ciò ha reso possibile lo studio degli effetti cosidetti *non lineari*; ossia, inviando su cristalli la radiazione emessa da un laser a stato solido, la luce emergente dal cristallo ha componenti di frequenza doppia o tripla (o comunque differenti) rispetto a quella incidente; oppure inviando su opportuni campioni due radiazioni laser a frequenze diverse si possono osservare la frequenza somma o differenza. Questi citati non sono che due esempi di 'ricerca cosiddetta fondamentale'. Le applicazioni dei laser a stato solido sfruttano la loro elevata potenza, la possibilità della sintonizzazione e la brevità degli impulsi che può iniziare dai picosecondi (10^{-12} sec.). Alcuni esempi sono la *spettroscopia a distanza* di fluidi (misure di inquinamento atmosferico), la telemetria di satelliti compresa la luna, le microfusioni di campioni di materiale, l'olografia di oggetti in movimento, gli usi militari, la creazione di plasmi. Per quanto riguarda gli usi militari

This is the first volume in the new Springer Series in Optical Sciences. It was certainly a good idea to open this new series with a book on the functioning and construction of solid state lasers. Although they may seem obvious it is perhaps worth mentioning the reasons.
Light sources are of capital importance in the optical sciences. The most recent, i.e. the laser, has led to a complete revolution in optics. There are, however, three types of laser: gas, semi-conductor and solid-state. Nowadays perhaps the latter are those with the greatest scope for implementation and use. They are used in both basic and applied research. By virtue of the extremely high powers they can reach (from 10^6 to 10^{14} W) they are used to investigate the behaviour of matter subjected to electric fields with an order of magnitude equivalent to that of interatomic electric fields. It has thus been possible to study the so-called *non-linear* effects, i.e. by making the radiation emitted by a solid-state laser impinge upon crystals the light leaving the crystal has components with frequencies that are double or triple (or in any case different to) those of the incident light. Or else by beaming two laser radiations with different frequencies on to suitable specimens it is possible to observe the sum or difference frequency. These are but two examples of the so-called fundamental research. The applications of solid-state lasers exploit their high power, the possibility of tuning and the shortness of the impulses that can begin from picoseconds (10^{-12} sec.). A few examples are *remote spectroscopy* of fluids (atmosphere pollution measurements), satellite telemetry (including the moon), microfusions of material samples, holography of moving objects, military uses, creation of plasmas. As far as military uses are concerned, it is easy to image the very extensive use and de-

chiunque ormai immagina un'intensissimo impiego e sviluppo di tale sorgente di energia. La principale ricerca applicata è probabilmente quella che studia la possibilità di ottenere energia termonucleare da plasma creato focalizzando più laser su campioni di materia. Per questo fine ci sono anche ovviamente le macchine acceleratrici a campo elettromagnetico, ma attualmente non è ancora chiaro quale sarà il metodo più adatto a fornirci nel prossimo futuro (almeno ciò è auspicabile) tale tipo di energia a prezzo conveniente e i metodi a laser sono oggetto di tale studio.

Ricordati alcuni motivi per i quali in campo scientifico lo studio di queste macchine si sta estendendo, sottolineamo la validità didattica e scientifica di quest'opera. Uno degli scopi della didattica è la capacità di far capire al massimo livello il maggior numero possibile di nozioni su un argomento appena uscito dalla ricerca e presentare il tutto in una sintesi coordinata. In questo senso questo volume raggiunge pienamente lo scopo. Illustra i concetti fisici fondamentali delle componenti base di un laser: il pompaggio ottico, l'oscillazione e l'amplificazione laser, la fisica delle cavità risonanti ottiche e le proprietà dei materiali adatti all'azione laser. Ci sono quindi i capitoli di ingegneria dei lasers quali quelli relativi alla costruzione delle cavità, degli alimentatori delle sorgenti ottiche di pompaggio, dei sistemi di raffreddamento delle cavità laser e quindi il capitolo delle principali applicazioni.

L'esposizione è volta all'ingegnere o al fisico, anche laureandi, e va spesso direttamente ai risultati dando sempre ampio riferimento bibliografico per la dimostrazione degli stessi. Da segnalare infine, oltre alla bibliografia vastissima e aggiornata, la ricchezza di tabelle di dati fisici e tecnici, di diagrammi e di fotografie di apparati costruiti per l'industria, molto utili queste ultime per acquisire un'idea realistica di queste macchine.

velopment of this source of energy. The main applied research is probably that of studying the possibility of obtaining thermonuclear energy from plasma created by focussing several lasers on a sample of material. For this purpose there are obviously also the electromagnetic field accelarators but it is still not clear what the most suitable method will be in the near future for providing us (at least this is desirable) with this type of energy cheaply and laser methods are being studied with this in mind. Now that we have mentioned a few reasons for which the study of these machines is spreading in the scientific field, let us stress the teaching and scientific validity of this book. One of the aims of any teaching method is to explain at the highest possible level the largest possible number of concepts concerning a subject that has only just left the research stage and to present the whole in a coordinated synthesis. In this sense, the book fulfils its objective entirely. It illustrates the basic physical concepts of the basic components of a laser: optical pumping, oscillation and laser amplification, the physics of optical resonant cavities and the properties of materials suitable for laser action. Then there are the chapters on laser engineering such as those on the construction of cavities, optical pumping source supply, cooling systems for the laser cavities and then a chapter on the main applications.

The treatment is meant for the engineer or physicist or final year student and often goes straight on to the results, always supporting them by an extensive bibliography. In conclusion mention must be made of the very extensive and up-to-date bibliography, the wealth of tables of physical and technical data, diagrams and photographs of apparatus built for industry, the latter being very useful for obtaining a true idea of these machines.

CARLO PONTIGGIA

LYON-CAEN, R.

Circuits Logiques M.S.I. et L.S.I.

Series: Monographies d'électronique
Masson Editeur, Paris, 1976
x+190 pp., figs. and tables, No price stated

Trattasi di una monografia dedicata ai circuiti integrati logici ad alto livello di integrazione che trae origine, dopo ampia e profonda revisione, da una precedente edizione dal titolo *Circuits Logiques Intégrés* scritta dallo stesso autore più di otto anni fa e quindi ormai largamente obsoleta, dato l'impetuoso sviluppo che la Microelettronica ha conosciuto in questi ultimi anni.
La materia trattata è suddivisa in quattro capitoli, dei quali i primi due sono dedicati alla illustrazione dei fondamenti della logica binaria e, rispettivamente, alla definizione dei principali parametri elettrici che caratterizzano i circuiti logici integrati, mentre gli ultimi due capitoli sono dedicati alla illustrazione, necessariamente succinta, delle diverse strutture che i componenti attivi fondamentali, quali transistori bipolari ed MOS, assumono nei moderni circuiti integrati, alla loro tecnologia di fabbricazione ed ai principi di funzionamento dei circuiti integrati elementari. Questi sono assai opportunamente distinti in circuiti utilizzanti resistori monolitici, che quindi male si prestano all'integrazione su larga scala, ed in circuiti, quali quelli ad iniezione di corrente I^2L od utilizzanti transistori MOS complementari, che, non necessitando per il loro funzionamento dei tradizionali resistori integrati, hanno permesso l'ottenimento degli attuali altissimi livelli di integrazione.
Data la struttura del libro e la forma assai concisa con cui vengono trattati gli argomenti si ha in effetti l'impressione, in accordo con quanto suggerisce P. Aigrain nella sua brillante prefazione, che l'autore abbia scritto i primi due capitoli avendo di mira prevalentemente le necessità culturali del tecnologo, mentre gli ultimi due capitoli si rivolgono prevalentemente all'ingegnere si-

This monograph on integrated logical circuits at a high level of integration is basically an extensively revised version of a previous edition entitled *Circuits Logiques Intégrés* written by the same author more than eight years ago and thus largely out of date in view of the tremendous developments in micro-electronics in recent years.

The subject matter is divided up into four chapters. The first two illustrate the fundaments of binary logic and define the main electrical parameters characterizing integrated logical circuits respectively. The last two briefly outline the different structures that the basic active components, e.g. bipolar and MOS transistors, take on in integrated circuits, as well as the technology of their manufacture and the principles on which elementary integrated circuits are based. The latter are quite conveniently divided into circuits using monolithic resistors, which do not lend themselves to largescale integration, and into circuits such as the I^2L current injection type or those using complementary MOS transistors, which do not need the traditional integrated resistors in order to work, thus enabling the present very high levels of integration to be reached.

The book's structure and the very concise form in which the subject matter is treated give one the impression (which is in keeping with what P. Aigrain suggests in his brilliant preface) that the author wrote the first two chapters with the technologist's needs in mind and the last two mainly for the systems engineer. In fact, the concepts tend to be presented paying more attention to clarity and the facts, without detracting

stemista. La presentazione dei concetti è infatti tale da tendere più alla chiarezza ed alla informazione, sia pure senza nulla togliere al rigore scientifico della trattazione, che non all'approfondimento critico della materia. Questa monografia si raccomanda perciò a quel vasto pubblico di potenziali lettori che sentono la necessità di acquisire rapidamente una cultura tecnica di base sull'argomento, ed in ciò riteniamo che si presti ottimamente allo scopo.
Pregio non piccolo infine è rappresentato, a nostro avviso, dalla ottima scelta degli argomenti e dall'aggiornamento della trattazione. In ciò si rivela la matura competenza e l'abilità didattica che bisogna riconoscere all'autore. Vogliamo solo, a questo proposito, osservare che nel volume non si parla dei circuiti integrati ad accoppiamento di carica C.C.D., la cui importanza, non solo concettuale, è ormai evidente. Questa carenza non può essere del tutto giustificata, a nostro parere, dalla prossima pubblicazione, da parte dello stesso Editore, di una monografia dedicata interamente all'argomento, data la finalità, dichiaratamente specialistica, di quest'ultima trattazione.
In conclusione, il libro in oggetto rappresenta un interessante ed aggiornato contributo alla letteratura scientifica dedicata alla Microelettronica. La dimensione contenuta ed il tipo di trattazione seguita lo raccomandano come possibile testo didattico per studenti universitari o laureati che intendano aggiornare le proprie conoscenze sull'argomento.

in any way from the scientific rigour of the treatment, than to the critical analysis of the subject matter. This monograph is thus intended for the host of potential readers who feel the need to gain rapidly a knowledge of the basic technical aspects of the subject, and seems to have achieved its purpose very satisfactorily.

One of its greater merits is the excellent selection of subject matter and the up-to-date treatment made of it. This is indicative of the mature competence and teaching ability the author certainly possesses.
In this connection, the only observation I can make is that there is no mention in the book of C.C.D. charge coupled integrated circuits, which are important and not only conceptually. This omission is not fully justified, in my opinion, by the forthcoming publication by the same publishers of a monograph on the subject, as it has been announced that the latter publication is for specialists.

In conclusion, this book is an interesting and up-to-date contribution to the scientific literature on micro-electronics. Its handy size and type of treatment make it suitable for use by university students or graduates wishing to update their knowledge of the subject.

GIOVANNI SONCINI

DEAN, N. W.

Introduction to the Strong Interactions

Gordon and Breach Science Publishers,
New York, 1976
XIV+378 pp., tables, £19.70

C'era un tempo in cui si poteva parlare giustamente di « fisica delle particelle fondamentali ». Sebbene la conoscenza delle interazioni di base fosse estremamente limitata, l'esistenza di un piccolo numero di particelle elementari interagenti in un limitato numero di maniere, sembrava soddisfacente sia da un punto di vista sperimentale che concettuale. All'inizio, naturalmente, furono osservate solo interazioni elettromagnetiche e gravitazionali ed Einstein tentò senza successo di combinare i due fenomeni in una « teoria di campo unificata ». Analisi più profonde della struttura nucleare dell'atomo mostrarono tuttavia la necessità di aggiungere altre due forze. La prima di queste, originata dalle cosiddette interazioni forti, era richiesta per giustificare il legame dei protoni e neutroni nei nuclei, mentre l'altra spiegava il decadimento beta come effetto di interazioni deboli. Nessuna di queste forze può essere osservata agire direttamente nel mondo macroscopico a causa del loro raggio d'azione estremamente piccolo.

Una teoria implicante quattro forze fondamentali è certamente meno soddisfacente di una completamente unificata; ma non c'è nessuna ragione per cui la natura debba necessariamente scegliere una tale teoria. In ogni caso, le nostre attuali conoscenze di fisica accettano queste quattro interazioni fondamentali come distinte ed indipendenti, e classificano le particelle elementari a seconda del loro tipo di interazione. Allora la massa di una particella misura il suo grado di accoppiamento con l'interazione gravitazionale, mentre la carica quello con l'interazione elettromagnetica.

Determinare l'intensità delle forze a cortoraggio è molto più difficile sperimentalmente,

There was a time when one could speak meaningfully of « fundamental particle physics ». Although our knowledge of the basic interactions of matter was extremely limited, the existence of a small number of elementary particles interacting in a limited number of ways seemed clear on experimental as well as philosophical grounds. At first, of course, only electromagnetism and gravitation were observed, and Einstein tried unsuccessfully to combine these two phenomena in a «unified field theory ». Probing more deeply into the nuclear structure of the atom, however, revealed the necessity for two additional forces. The first of these, now said to arise from the strong interactions, was required to account for the binding of protons and neutrons in the nucleus, while the other explained beta decay as a result of the weak interactions. Neither of these is directly observed in the macroscopic world because they act only over exceedingly small distances.

A theory involving four fundamental forces is certainly less satisfactory than a completely unified one; but that does not mean nature cannot choose such a theory. In any case, our current understanding of physics accepts these four basic interactions as distinct and independent and classifies elementary particles by the way in which they participate in each one. Thus the mass of a particle measures how strongly the gravitational interaction affects it, and the charge similarly reflects the electro-magnetic interaction. To determine the strengths of the shortrange forces is more difficult experimentally, but leads to the conclusions indicated by calling them 'strong' or 'weak'.

ciò nonostante si arriva alla conclusione sommarizzata indicandole con 'forti' o 'deboli'.

Quali indicazioni possono essere ricavate dalla grande quantità di informazioni oggi disponibile? Prima di tutto che c'è una chiara distinzione tra particelle interagenti fortemente, come il neutrone ed il protone, e le altre particelle. Tutte le particelle finora scoperte interagiscono anche fortemente, eccetto il fotone (il quanto della luce e delle altre radiazioni elettromagnetiche) e le quattro particelle chiamate leptoni: l'elettrone, il muone e le due specie di neutrino. Un'altra stringente proprietà delle particelle interagenti fortemente è che nessuna di esse ha un piccolo valore della massa a riposo (la massa a riposo è la massa che una particella dovrebbe avere se fosse in quiete).

Una terza osservazione generale è che quasi tutte le recenti scoperte di particelle elementari sono state nel campo di quelle interagenti fortemente. Sebbene questa proliferazione di particelle interagenti fortemente sia una grossa sorpresa per i fisici, tuttavia una situazione analoga si è avuta per gli ordinari nuclei atomici. Infatti è ben noto che i nuclei composti, dal nucleo del deuterio (idrogeno pesante) a quello dell'elemento più pesante, possono esistere in una grande varietà di livelli energetici, comprendenti uno stato 'fondamentale' e molti stati 'eccitati'. È oggi accettato che le forze nucleari possono analogamente dare luogo a numerosi stati tra quelli presentati dalle particelle interagenti fortemente dette ancora 'elementari'.

I più bassi stati sono 'legati' o stabili; i più alti sono solo 'parzialmente legati', o instabili, decadendo in un tempo che è qualche frazione di secondo. Il risultato è che tutte le particelle interagenti fortemente esibiscono uno spettro di livelli energetici con nessuna indicazione di essere superiormente limitato.

Le particelle ad interazione forte furono originariamente divise in « mesoni » e « barioni», ma poiché entrambe queste due classi di particelle hanno lo stesso tipo d'interazione, oggi sono spesso chiamate « adroni ».

What can be said to summarize the vast amount of particle information now available? First of all, there is a clear distinction between strongly interacting particles, such as the neutron and proton, and other particles. All particles discovered to date partecipate in this strong interaction except the photon (the particle of light and other electromagnetic radiation) and the four particles called leptons: the electron, the muon and the two kinds of neutrino. Another striking property of the strongly interacting particles is that none of them has small rest mass (rest mass is the mass that a particle would have if it was motionless).

A third general observation is that the recent proliferation of particles has so far occurred almost exclusively among the strongly interacting particles. Although this proliferation came as a surprise to physicists, a precedent for this state of affairs can be found in ordinary atomic nuclei. It is well known that all compound nuclei, from the nucleus of deuterium (heavy hydrogen) to those of the heaviest elements, can exist at a variety of energy levels, comprising a 'ground' state and many 'excited' states. It is now clear that the nuclear force can similarly give rise to numerous states among those strongly interacting particles sometimes designated 'elementary'.

The lower states are 'bound' or stable; the higher states are only 'partly bound', or unstable, decaying in a tiny fraction of a second. The result is that all strongly interacting particles exhibit a spectrum of energy levels with no sharp upper limit.

The strongly interacting particles were originally separated correspondingly into « mesons » and « baryons », but since both of these classes are involved in the same interaction they are now often jointly called « hadrons ».

The hadrons have proliferated to such an extent that they call into serious question the fundamentality of particle physics.

La continua scoperta di adroni mette in serie difficoltà la questione della fondamentalità delle particelle fisiche. Chiamare le quattro interazioni « fondamentali » può essere ragionevole, ma appellare in tal maniera le centinaia di particelle che oggi si conoscono, è una cosa che urta l'immaginazione. La costruzione di modelli che possono render conto della diversità dei fenomeni osservati, diventa allora il principale scopo della moderna fisica teorica delle interazioni forti. Le difficoltà incontrate possono essere separate in due programmi: primo, trovare gli schemi di classificazione che raggruppano le particelle in multipletti sempre più crescenti, e secondo, capire come questi sono tra loro connessi.

Il libro del prof. N. W. Dean: *Introduction to the Strong Interactions* esplora questi due campi di ricerca e introduce il formalismo della teoria delle interazioni forti necessario a trattarli. La parte I — Group Theory— e la parte III — Regge Theory — del suo libro, è allora volta alla discussione dei due sistemi di classificazione, o regole per la formazione di gruppi di particelle, che maggiormente hanno portato luce nelle nascoste leggi governanti le interazioni forti delle particelle elementari. Queste regole hanno permesso la scoperta di molte altre particelle e predetto approssimativamente le loro masse ed altre loro proprietà. Una classificazione è basata sul concetto di « otteto » (part I); l'altra su quello di « traiettoria di Regge » (part III). Vediamoli brevemente.

Nei primi del 1961 un colonnello dell'esercito israeliano ed un fisico diventato ingegnere, Y. Ne'eman e M. Gell-Mann, lavorando indipendentemente, suggerirono un particolare schema d'unificazione delle simmetrie, ed un particolare campione di violazioni, che possono intercorrere nei supermultipletti osservati. Il nuovo sistema di simmetrie è stato chiamato «otteto» poiché involge le operazioni di otto numeri quantici corrispondenti ad osservabili che devono essere strettamente conservati nelle interazioni forti, sebbene non necessariamente in quelle elettromagnetiche e deboli. Le

To call four forces fundamental may be reasonable, but to call a hundred different particles «elementary» stretches the imagination to the breaking point. Constructing models which can account for the diversity of phenomena observed has therefore become the principal concern of the modern theoric physics of the strong interactions. The difficulties encountered may be separated roughly into two parts: first, finding classification schemes which will group particles into larger and larger multiplets, and second, understanding how they interact with each other.

The book of the prof. N. W. Dean: *Introduction to the Strong Interactions* explores these two topics and introduce the methodology which has developed in strong interaction physics for treating them. Part I — Group Theory — and Part III — Regge Theory — of his book, is then ready to the discussion of two classification systems, or rules for the formation of groups, that have brought to light deepseated family relations among strongly interacting particles. These rules have made it possible to predict the existence of still undiscovered particles, their approximate masses and certain other properties. One system is based on the concept of the « eightfold way » (part I); the other is the « Regge trajectory » (part III). See them shortly.

Early in 1961 an Israeli army colonel and engineer-turned-physicist, Y. Ne' eman and M. Gell-Mann, working independently, suggested a particular unified system of symmetries and a particular pattern of violations that made plausible the existence of supermultiplets. The new system of symmetries has been referred to as the « eightfold way» because it involves the operation of eight quantum numbers that correspond to observables which must be strictly conserved in the strong interaction, although not necessarily in the electromagnetic and weak interactions. The mathematical basis of the eightfold way can be found in what are called Lie groups and Lie algebras,

basi matematiche della « via dell'otto » possono essere trovate nei cosiddetti gruppi ed algebre di Lie, che sono sistemi algebrici sviluppati nel 19° secolo dal matematico norvegese Sophus Lie. Il fatto che le violazioni dedotte da questo modello di unificazione portino ad una legge connettente le masse dei supermultipletti (formati dalle particelle forti) che è in buon accordo con quella dedotta dai dati sperimentali, ci suggerisce che tutti gli stati particellari fisici debbono sistemarsi in « otteti ».

Un'altra maniera di classificare le particelle ad interazione forte è quella sviluppata da un'idea dovuta nel 1959 al fisico italiano Tullio Regge. È ben conosciuto che, come le particelle crescono in massa, di misura aumentano (ma non sempre) il loro valore del momento angolare di spin J. Regge provò allora, in molti importanti casi, che esiste una qualche relazione tra il valore di J e la massa della particelle. Inoltre mostrò che certe proprietà delle particelle possono essere viste come funzioni matematiche 'regolari' di J, cioè funzioni che variano con continuità al variare di J. Ma poiché in meccanica quantistica J può avere solo valori interi o semiinteri, le funzioni costruite a partire da J avranno significato fisico solo su questo insieme di valori. Le curve matematiche che danno le masse fisiche per valori diversi di J sono chiamate « traiettorie di Regge ». Allora la classificazione delle particelle ad interazione forte può essere fatta se si osserva che per tali particelle una traiettoria di Regge unisce stati reali con valori pari o dispari di J, ma non con entrambi. Ciò significa che un intervallo di due unità di J deve intervenire tra stati sulla stessa traiettoria (ricordiamoci che le intersezioni delle traiettorie di Regge con valori permessi di J denotano i punti rappresentativi degli stati particellari fisici).

Questi argomenti, e molte altre questioni affini, sono ben sviluppati nel libro di N. W. Dean.

which are algebraic systems developed in the 19th century by the Norwegian mathematician Sophus Lie. The fact that the kinds of violations suggested by the eightfold way lead to a rule connecting the masses of the supermultiplets formed by the strongly interacting particles which is in good agreement with the experimental approximate mass rule, suggests to us that all the physical particle states must be classified in such octets.

An other way to classify the strongly interacting particles, is that developed from an idea introduced into particle physics in 1959 by Italian physicist Tullio Regge. It is well known that, as particles increase in mass, they frequently (but not invariably) exhibit a higher value of spin angular momentum J. Regge pointed out the existence, in many important cases, of a mathematical relation between the value of J and particle mass. He showed that certain properties of particles can be regarded as 'smooth' mathematical functions of J, that is, functions that vary continuously as J varies. But since in quantum mechanics J can have only integral and half-integral values, the functions have direct physical meaning only for those permitted values. The smooth mathematical curve that gives the physical mass for different values of J is called a « Regge trajectory ». Then the classification of strongly interacting particles can be done, if one observes that for such particles a Regge trajectory joins up real states for either odd or even values of J, but not for both. This means that an interval of two units of J must intervene between states on the same trajectory (remember that the interactions of the Regge trajectory with the permitted values of J, indicate the existence of the particle states).

These topics, and other akin questions, are well treated in the book of N. W. Dean.

MAURIZIO MARTELLINI

OATLEY, C.

Electric and Magnetic Fields

Cambridge University Press, Cambridge, 1976
x+262 pp., figs. and tables, £3.50

Il libro, che può essere considerato come una introduzione alla teoria del campo elettromagnetico, inizia con una trattazione del campo delle correnti in un conduttore ohmico e passa poi, mettendo in evidenza le analogie formali, al campo elettrico ed al campo magnetico, dapprima nel vuoto e quindi nei mezzi materiali.
Dopo aver trattato brevemente dei metodi di risoluzione delle equazioni di Poisson e di Laplace, fra i quali il comodo metodo approssimato dei quadrati curvilinei per problemi a simmetria assiale, discute esempi di materiali magnetici ed accenna brevemente a problemi elementari di ottica elettronica. Due brevi capitoli sono dedicati uno all'energia e alle forze nei campi elettrici e magnetici e l'altro alle equazioni di Maxwell.
L'autore di questo libro è professore di ingegneria elettrotecnica presso l'Università di Cambridge, con parecchi anni di esperienza nell'insegnamento. Egli ha voluto dedicare soprattutto agli studenti di ingegneria questa sua opera, allo scopo di offrire loro un'esposizione semplice dei concetti fondamentali, senza appesantirne il discorso con una trattazione matematica rigorosa e completa. Tuttavia, egli presuppone nel lettore una conoscenza di base, relativa alla fisica elementare dei fenomeni, sufficientemente concreta, tale da poter costruire su di essa una sistemazione teorica, pur se sviluppata con metodi matematici elementari, del campo elettromagnetico.
Purtroppo il libro non è privo di imprecisioni e di ambiguità: vedi, ad esempio, la corrente elettrica, definita inizialmente come un vettore, mentre subito dopo viene trattata, correttamente, come flusso del vettore densità di corrente; oppure il modo in cui vengono introdotti i valori medi del campo elettrico e magnetico nella materia,

This book, which may be considered as an introduction to the theory of electromagnetic field, begins with a treatment of the field of currents in an ohmic conductor and then, at the same time pointing out the formal analogies, goes on to the electric field and the magnetic field, first in vacuum and then in material media.
After dealing briefly with methods for solving the Poisson and Laplace equations, including the convenient approximate method of curvilinear squares for problems involving axial symmetry, the writer discusses examples of magnetic materials and gives a short outline of elementary problems of electronic optics. Two short chapters are devoted to the energy and the forces in the electric and magnetic fields and to the Maxwell equations.
The author is professor of electrical engineering at the University of Cambridge and has many years teaching experience behind him. His book is intended mainly for engineering students and sets out to provide them with a simple illustration of the fundamental concepts without going too far into a complete, rigorous mathematical treatment. He nevertheless assumes that the reader has a basic knowledge of the elementary physics of the phenomena which is solid enough for a theoretical treatment of the electromagnetic field to be based on it, albeit developed using elementary mathematical methods.
Unfortunately the book also contains a few inaccuracies and ambiguities, e.g. electric current is defined first as a vector then immediately after is treated, correctly, as the flux of the vector of currect density; the way the mean values of electric and magnetic field in matter are introduced; again, in the discussion of the energy density of the electric and magnetic field, a

od ancora, nella discussione relativa alla densità di energia del campo elettrico e del campo magnetico, alcune affermazioni che potrebbero indurre il lettore a pensare che tali campi possano esistere solamente in un mezzo materiale, ma non nel vuoto.
In molte altre parti, comunque, è ben riuscito lo sforzo di rendere in modo semplice e chiaro concetti e proprietà della materia in molti testi resi complicati da eccessivo tecnicismo o dal formalismo matematico.
L'autore fornisce una descrizione essenziale dei fenomeni assieme ai mezzi sufficienti per impostare una valutazione delle grandezze in gioco, anche in applicazioni non banali.
Dato il tipo di studenti a cui è dedicato questo libro, gli esempi sono scelti principalmente fra problemi di tipo tecnico, ma non per questo essi sono meno interessanti.
In particolare essi riguardano materiali ferromagnetici e magneti, mentre quasi nulla è detto delle onde elettromagnetiche.
Proprio per questo, tuttavia, un accenno a materiali come i semiconduttori o i superconduttori, oramai diventati da diversi anni di uso comune, non sarebbe stato inutile.
Un'ultima osservazione: la velocità della luce è riportata con una indeterminazione di una parte su 10^6. Dal 1973 la velocità della luce è nota in effetti con un errore di circa un metro al secondo, cioè di una parte su 10^8.

few statements might lead the reader to believe that these fields can exist only in a material medium but not in vacuum.
In many other parts, however, the effort to make concepts and the properties of matter clear and simple has been successful, unlike many other books which are complicated by exaggerated technicism or mathematical formalism. The writer provides an essential description of the phenomena together with sufficient information to approach an evaluation of the magnitudes involved, also in applications that are not at all banal.
In view of the type of students for which the book is intended, the examples have been chosen mainly among problems of a technical nature which are none the less interesting. These are mainly connected with ferromagnetic materials and magnets, while almost nothing is said about electromagnetic waves. For this very reason, however, some mention of materials such as semiconductors or superconductors, which have come into common use over the past few years, would not have been out of place.
One last observation: the velocity of light is given with an indeterminacy of one part in 10^6. Since 1973 the velocity of light has been known to within about one metre per second, i.e. one part in 10^8.

GUGLIELMO BÖBEL

ALCOCK, C. B.

Principles of Pyrometallurgy

Academic Press, London, 1976
XIII+348 pp., figs. and tables, £8.80

In questi anni l'industria metallurgica deve affrontare costantemente problemi di adeguamento, non solo all'evoluzione delle condizioni economiche e sociali, ma anche agli stimoli dovuti a fatti tecnici quali la concentrazione dei minerali e la produzione di energia.
Da quando, 25 anni fa, ebbe luogo la Discussione della Faraday Society sull'argomento « The Physical Chemistry of Process Metallurgy » grandi progressi teorici e sperimentali sono stati fatti in questo campo.
Il volume presenta una messa a punto delle conoscenze chimico-fisiche fondamentali sui processi pirometallurgici. Esso è articolato in tre parti, che rappresentano le differenti operazioni distinguibili nel processo industriale. La prima sezione riguarda i processi nei quali le reazioni solido-gas sono usate principalmente per la preparazione dei materiali destinati alle reazioni di estrazione del metallo; la seconda le reazioni di estrazione che producono metalli liquidi o gassosi; e la terza i processi di raffinazione dei metalli. La trattazione è destinata a studenti che siano in possesso di una conoscenza di base della termodinamica classica. Alla fine di ogni sezione vengono consigliate altre opere e bibliografie originali. La struttura del libro è quindi articolata sulla corrente pratica industriale, ma la trattazione dei problemi riferentisi ai vari casi trattati è scelta in modo da costituire un'esemplificazione adatta all'impostazione di utilizzazioni nuove.
Il volume, di dimensioni contenute e didatticamente molto ben impostato, si propone come un valido testo di Metallurgia estrattiva per studenti di Metallurgia, Scienza dei materiali e Ingegneria chimica.

In recent years the metallurgical industry has constantly had to deal with problems of adaptation not only to economic and social conditions but also to the stimuli due to technical issues such as the concentration of ores and energy production.
Since the discussion of the Faraday Society on the subject of « The Physical Chemistry of Process Metallurgy » was held 25 years ago, great theoretical and experimental progress has been made in this field. The volume provides a review of the basic physico-chemical knowledge available on pyrometallurgic processes. It consists of three parts representing the different distinct operations in the industrial process. The first section is on processes in which solid-gas reactions are mainly used to prepare the materials to be used in metal extraction reactions. The second is on the extraction reactions producing liquid or gaseous metals. The third is on metal refining processes.
The book is intended for students with a basic knowledge of classical thermodynamics. At the end of each section further works and original references are recommended. The structure of the book is thus in keeping with current industrial practice although the treatment of problems related to the various cases dealt with is chosen in such a way as to provide examples suitable for approaching new uses.
The book is of a handy size and is based on sound teaching methods. It is a valid textbook of extractive metallurgy for students of metallurgy, materials science and chemical engineering.

VINCENZO LORENZELLI

GOUROU, P.

L'Amérique tropicale et australe

Librairie Hachette, Paris, 1976
432 pp., figs., No price stated

In seguito al suo lungo soggiorno in Indocina e ai suoi viaggi nello Zaire e nell'America Meridionale, Gourou (nato nel 1900) è indubbiamente il geografo che meglio conosce gli aspetti ed i problemi del mondo tropicale dei diversi continenti. Fin dal 1947 ai Paesi tropicali aveva dedicato un volume (tradotto anche in italiano), denso di idee e di fatti, cui avevano fatto seguito le descrizioni dell'Asia (1953) e dell'Africa (1970). Egli era quindi lo studioso più qualificato per darci un quadro d'insieme anche dell'America latina, che egli preferisce chiamare America tropicale e australe, dato che oltre la parte continentale che va dal Messico al Capo Horn descrive anche le Antille, popolate in parte da popolazioni non iberiche.

Appena la quinta parte del vasto territorio (che si estende su oltre 20 milioni di km² e conta 320 milioni di abitanti) spetta al clima temperato, il resto appartiene al mondo tropicale (anche se temperato dall'altitudine), ma in confronto con l'Asia e con l'Africa qui la civiltà europea ha potuto impiantarsi più stabilmente e — anche dove la mescolanza di europei, amerindi e negri ha dato luogo a una popolazione meticcia, come è il caso di gran parte del Brasile — ha la possibilità di evolversi e di dominare coi mezzi tecnici moderni l'ostacolo opposto dal clima, considerato nel complesso '*bienveillant*'; anche il rilievo risulta propizio al popolamento.

Dei 9 capitoli in cui è ripartita la trattazione, i primi 3 (pp. 5-89) espongono il quadro generale e soprattutto le pagine che riguardano il regresso degli indigeni e il sovrapporsi d'una umanità diversa, i molteplici gradi di civiltà, le forme di paesaggio, il livello di vita si fanno notare, oltre che come modello di stile, anche perché spingono spesso, con una fine analisi, alla riflessione. Gli altri

After his long stay in Indochina and his travels in Zaire and South America, Gourou (born 1900) is certainly the geographer with the best knowledge of the various aspects and problems of the tropical world of the different continents. Already in 1947 he wrote a book crammed with ideas and data (translated also into Italian) on tropical countries. This was followed by descriptions of Asia (1953) and Africa (1970). He was thus the best qualified scholar to give us an overall view also of Latin America, which he prefers to call tropical and austral America, as the continental part going from Mexico to Cape Horn describes also the Antilles, partly populated by non-Hiberian populations.

Barely one fifth of the huge territory (which covers more than 20 million km² and has a population of 320 million) has a temperate climate; the remainder belongs to the tropical world (although tempered by the altitude). Here, however, in comparison with Asia and Africa, European civilisation has succeeded in putting down stronger roots and, even where the mingling of Europeans, Amerindians and Negroes has produced a population of half-castes, e.g. most of Brazil, it can evolve and dominate the obstacle of the climate, considered as '*bienveillant*' on the whole, by means of modern technology. Even the topography is favourable to population.

Of the 9 chapters into which the book is divided, the first 3 (pp. 5-89) give a general outline. In particular, the part on the decline of the natives and the predominance of a different kind of people, the many different degrees of civilisation, the types of countryside, and standard of living is remarkable, not only because of its exemplary style, but also because the subtle analysis

6 capitoli riguardano il Messico (al quale sono destinate una quarantina di pagine), l'Istmo americano (frazionato ora in 8 Stati), le Antille con le Guiane, i Paesi Andini, l'America australe temperata e il Brasile. Una bibliografia di 8 pagine, un accurato indice dei nomi e della materia, 72 cartine arricchiscono il volume. Alla sua consultazione giova inoltre aver indicato a lato d'ogni pagina, in forma sintetica, l'argomento trattato.

it contains makes one think. The other 6 chapters are on Mexico (forty or so pages), the American Isthmus (now split up into 8 States), the Antilles, Guiana, the Andean Countries, temperate austral America and Brazil. The book also contains an 8 page bibliography, an accurate name and subject index and 72 maps. A brief outline of the subject treated in the margin of each page makes it even easier to consult.

ELIO MIGLIORINI

ZEITSCHRIFT FÜR PHILOSOPHISCHE FORSCHUNG

1945/46 begründet von
Georgi Schischkoff
Herausgegeben von
Otfried Höffe, Duisburg

Ein Band umfasst vier Hefte
Abonnementspreis 92,- DM
Einzelheftpreis 23,- DM

Gesamtregister 1-30 24,- DM
1977 erschien Band F. 31

VERLAG ANTON HAIN
D - 6554 MEISENHEIM
Postf. 180

THE BRITISH JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE

This unique journal deals with problems of logic and methodology as found in natural science, and the characteristics which distinguish this philosophical approach from other ways of making sense of experience. It provides scientists and philosophers with a medium through which they can have their ideas made known. The articles written in non-technical English also include contributions by distinguished foreign as well as by British scholars.

EDITORS
JOHN WATKINS
and
JOHN WORRALL

EDITORIAL BOARD

H. Dingle	W. C. Kneale	J. C. Eccles
Sir H. Jeffreys	S. Körner	Sir Karl Popper
R. B. Braithwaite	G. J. Whitrow	J. H. Woodger

1977 Annual Subscription £7.00 ($22.00)
single copies £2.50 ($8.00)

ABERDEEN UNIVERSITY PRESS,
FARMERS HALL,
ABERDEEN AB9 2XT, SCOTLAND

Synthese

An International Journal for Epistemology and Philosophy of Science

Editor-in-Chief: Jaakko Hintikka, Academy of Finland and Stanford University.

Associate Editors: Risto Hilpinen, Department of Philosophy, Harvard University, Ilkka Niiniluoto, Institute of Philosophy, Helsinki.
Review Editor: Dagfinn Føllesdal, Institute of Philosophy, University of Oslo.

Editorial Assistant: Esa Saarinen, Institute of Philosophy, Helsinki.

Board of Consulting Editors: David M. Armstrong, Yehoshua Bar-Hillel, Arthur W. Burks, Robert S. Cohen, Donald Davidson, Hans Freudenthal, Ian Hacking, Jerrold J. Katz, G. Nuchelmans, Wesley C. Salmon, Wolfgang Stegmüller, Erik Stenius, Patrick Suppes, Klemens Szaniawski, Ladislav Tondl, H. Törnebohm, Marx W. Wartofsky.

Synthese publishes articles in all the fields covered by the subtitle. These include the theory of knowledge; the general methodological problems of science; the methodological and foundational problems of the different departmental sciences; those aspects of symbolic logic and of the foundations of mathematics which are relevant to the philosophy and methodology of science; and those facets of the history and sociology of science which are important for contemporary topical pursuits.

Subscription price per volume of four issues Dfl. 110,– / US $44.00, plus Dfl. 15,– / US $6.00 for postage and handling. Two volumes will be published yearly. Personal subscription price on request.

D. Reidel Publishing Company

Dordrecht - Holland / Boston - U.S.A.

ANDERSON, E. M. - L'INSERIMENTO SCOLASTICO DEGLI HANDICAPPATI
Series: Prospettive didattiche
Zanichelli, Bologna, 1977
XII+340 pp., tables, L. 6.800

Si tratta di uno studio che non propone l'inserimento degli handicappati nelle scuole normali come l'applicazione inevitabile di principi indiscutibili, ma come un'ipotesi di lavoro sperimentale, che, come tutte le ipotesi di lavoro, deve essere posta in atto con una metodologia che ne consenta la verificabilità, e che quindi, anche, ne ammetta la fallibilità.

BAAR, C. A. - APPLIED SALT-ROCK MECHANICS
The In-situ Behavior of Salt-rocks, Vol. 1
Series: Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 16A
Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1977
VII+294 pp., tables, $38.95

Much of the technical and scientific literature on this subject has in the author's opinion, included erroneous and misleading hypotheses which cannot be reconciled with the actual behavior of salt rocks around underground excavations. The author feels that standard material testing procedures cannot be used for the determination of the strength parameters of salt rocks, the main reason being that such laboratory testing causes strain-hardening which does not occur in situ. This book is entirely based on extensive in situ measurements and observations and presents solutions to technical problems which are frequently encountered in salt mining, and provides a scientific, no-nonsense approach to the serious problems caused by the unique properties of salt and salt rocks.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Geology of Evaporite Deposits. - 3. Physical Properties and Mechanical Behavior of Evaporites. - 4. Deformations in Response to Stress Relief by Excavation. - 5. Creep Deformations in Partially Extracted Salt Deposits.

BACRY, H. - LECTURES ON GROUP THEORY AND PARTICLE THEORY
Series: Documents on Modern Physics
Gordon and Breach Science Publishers, London, 1977
XVII+580 pp., tables, £32.70

CONTENTS. - 1. Elements of Group Theory. - 2. Vector Spaces. - 3. Representations. - 4. Finite Representations of the Linear Groups $GL(n, c)$ and of their Principal Subgroups. - 5. Generalities on Lie Groups. - 6. Rotation Group $SO(3)$. - 7. The Lorentz Group. - 8. Brief Survey of the Poincaré Group. - 9. Symmetries of Elementary Particles. - 10. The Unitary Symmetry and its Generalizations.

BALIAN, R. and PEUBE, J.-L. (eds.) - FLUID DYNAMICS
Lectures delivered at the Summer School of Theoretical Physics, Les Houches, 1973
Gordon and Breach Science Publishers, London, 1977
XIV+677 pp., tables, £46.00

CONTENTS. - 1. Méthodes Asymptotiques en Mécanique des Fluides, by P. GERMAIN. - 2. Six Lectures on General Fluid Dynamics and Two on Hydromagnetic Dynamo Theory, by H. K. MOFFATT. - 3. Lectures on the Statistical Theory of Turbulence, by S. A. ORZAG. - 4. Transport Properties in Flows, by J.-L. PEUBE.

BANKS, E. M. (ed.) - VERTEBRATE SOCIAL ORGANIZATION
Series: Benchmark Papers in Animal Behavior, Vol. 8
Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg (Penn.), 1977
XI+411 pp., tables, No price stated

The purpose of this Benchmark volume is to provide a collection of essays, observations, and experimental studies focusing on the subject of social organization in vertebrate animals. The approach adopted in the present volume was to select articles of historical importance that emphasized evolutionary perspectives. The articles comprising this volume were selected after consideration of a number of factors, many of which reflect the author personal biases and experiences as a student, teacher, and researcher of social behavior and organization.

CONTENTS. - I. Some Theoretical and Historical Considerations. - II. Studies of Social Spacing. - III. Comparative Studies. - IV. Genetics and Social Structure.

BELL, C. F. and LOTT, K. A. K. - CHIMICA INORGANICA
Zanichelli, Bologna, 1977
VI+354 pp., tables, L. 7.800

CONTENTS. - Introduzione: unità e nomenclatura. - 1. Struttura atomica (1). - 2. Struttura atomica (2). - 3. Valenza. - 4. Struttura degli elementi e dei loro composti. - 5. Reazioni in acqua e nei solventi non acquosi. - 6. Chimica dei composti di coordinazione. - 7. Distribuzione ed estrazione degli elementi chimici. - 8. Estrazione a mezzo di solvente e scambio ionico. - 9. Chimica comparata degli elementi rappresentativi. - 10. Chimica comparata degli elementi di transizione.

BERNIER, R. and PIRLOT, P. - ORGANE ET FONCTION
Essai de biophilosophie
Series: Recherches interdisciplinaires
Maloine/Doin/Edisem, Paris/St. Hyacinthe (Québec), 1977
164 pp., Fr. 86

Ce livre est une étude historique et critique des conceptions sur la relation entre organe et fonction. Les auteurs critiquent avant tout les vues finalistes que maintiennent à ce sujet plusieurs biophilosophes. Ils proposent qu'on remplace les 'analyses fonctionnelles' par des analyses causales.

CONTENTS. - Introduction. Le problème de la relation organe-fonction, l'un des plus importants de la biophilosophie. - I. La relation organe-fonction dans l'histoire, selon la perspective fixiste et transformiste. - II. La problématique actuelle de la relation organe-fonction. 1. Définitions de: organe, forme, structure, fonction, fonctionnement, rôle biologique. - 2. Dissociations et intégrations. - 3. Finalité. Du *rôle joué* au *rôle à jouer* et de l'existence *pour* jouer un rôle. Analyse

des opinions de quelques auteurs récents. - 4. Téléodirectionalité et adaptation. Concepts de système et de téléodirectionalité. Plasticité dans le fonctionnement et la structure. Adaptation. - 5. Analyse et explication fonctionnelles. Opposition à explication causale. Modèle 'Cowering law'. - 6. L'explication causale et sa structure. Explication causale de l'organe et de sa fonction. Structure logique de l'explication. - 7. Perspectives d'analyse organo-fonctionnelle.

BLAKEMORE, C. - MECHANICS OF THE MIND
BBC Reith Lectures 1976
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
x+208 pp., figs., tables and plates, £3.95

CONTENTS. - 1. The Divinest Part of us. - 2. Chuang Tzu and the Butterfly. - 3. An Image of Truth. - 4. A Child of the Moment. - 5. A Burning Fire. - 6. Madness and Morality.

BORTZ, J. - LEHRBUCH DER STATISTIK
Für Sozialwissenschaftler
Springer-Verlag, Berlin, 1977
xi+871 pp., tables, DM 58,—

Dieses Lehrbuch informiert über elementarstatistische, varianz-analytische und multivariate Methoden und umfasst damit die wichtigsten Bereiche der in den Sozialwissenschaften verwendeten Auswertungsverfahren. Es wendet sich in erster Linie an Studenten der Psychologie, der Soziologie, der Pädagogik und Medizin und will systematisch aufbauend mit anwendungsbezogenen Zahlenbeispielen, verständlicher Formelentwicklung und Uebungsaufgaben auch den mathematisch wenig geschulten Leser an kompliziertere Verfahren heranführen. Dem fortgeschrittenen Studenten eröffnet das Buch die Möglichkeit, den mathematischen Hintergrund einzelner Verfahren zu vertiefen und neuere, in der deutschsprachigen Literatur bisher noch nicht behandelte Ansätze kennenzulernen.

CONTENTS. - I. Elementarstatistik. 1. Deskriptive Statistik. - 2. Wahrscheinlichkeitsthorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen. - 3. Stichprobe und Grundgesamtheit. - 4. Formulierung und Ueberprüfung von Hypothesen. - 5. Verfahren zur Ueberprüfung von Unterschiedshypothesen. - 6. Verfahren zur Ueberprüfung von Zusammenhangshypothesen. - II. Varianzanalytische Methoden. 7. Einfaktorielle Versuchspläne. - 8. Mehrfaktorielle Versuchspläne. - 9. Versuchspläne mit Messwiederholungen. - 10. Kovarianzanalyse. - 11. Unvollständige, mehrfaktorielle Versuchspläne. - 12. Theoretische Grundlagen der Varianzanalyse. - III. Multivariate Methoden. 13. Multiple Korrelation und Regression. - 14. Faktorenanalyse. - 15. Multivariate Mittelwertsvergleiche. - 16. Diskriminanzanalyse und Kanonische Korrelation.

BRADBURY, E. M. and JAVAHERIAN, K. (eds.) - THE ORGANIZATION AND EXPRESSION OF THE EUKARYOTIC GENOME
Academic Press, London, 1977
xv+510 pp., figs. and tables, £8.95

This book deals with one of the most important and rapidly-developing areas of contemporary biochemistry. It records the proceedings of an International Symposium held in Tehran in 1976 and attended by a distinguished body of scientists. Some of the main topics under discussion were the overall arrangement of DNA in eukaryotes, where much new information has been obtained on the interspersion of repeated and unique sequences, and, at the level of individual genes, the arrangement of sequences in ribosomal RNA structural gene clusters. The structure and function of chromatin and the control mechanisms of prokaryotes are also thoroughly examined, together with many other subjects which have recently stimulated interest and investigation. The deeper understanding of the organization and expression of the eukaryotic genome, and in particular the fresh information concerning the chromatin structure and gene organization of higher organisms which will result from the study of this book, ensures that it will be be indispensable for post-graduates and research workers in biochemistry, biophysics, genetics and molecular and cell biology.

BROWN, H. I. - PERCEPTION, THEORY AND COMMITMENT
The New Philosophy of Science
Precedent Publishing, Inc., Chicago, 1977
202 pp., $15.95

Each of the two parts can stand, to a large degree, by itself and the reader who is particularly interested in an overview of the new philosophy of science can go directly to Part II. At the same time they supplement each other in important ways. Part I provides the historical background for Part II; Part II provides the analysis of science which Part I extends to the philosophy of science. And the two parts together constitute one argument for the thesis that there are fundamental similarities between scientific method and philosophic method.

CONTENTS. - I. Logical Empiricist Philosophy of Science. 1. The Origin of Logical Empiricism. - 2. Confirmation. - 3. Theoretical Terms. - 4. Explanation. - 5. Falsification. - II. The New Image of Science. 6. Perception and Theory. - 7. Presuppositions. - 8. Scientific Revolutions. - 9. Discovery. - 10. Toward a New Epistemology.

BRUSH, S. G. - THE KIND OF MOTION WE CALL HEAT
A History of the Kinetic Theory of Gases in the 19th Century
Physics and the Atomists, Book 1
Statistical Physics and Irreversible Processes, Book 2
Series: Studies in Statistical Mechanics, Vol. 6
D. Reidel Publishing Company, Amsterdam, 1977
XI+300 pp. and XIV+496 pp., $24.75 and $59.75 respectively

The author's historical researches have gone far beyond any other books on the subject, filling in many more details and putting the history of kinetic theory in the context of 19th century scientific and intellectual history. In the course of detailed examination of the sources, both published and unpublished, the author has been able to throw much new light on the dynamics of scientific change, and to refute some generally accepted ideas about historical events. In one section

of the work, he demonstrates the use of a kind of historical document which has rarely, if ever, been exploited by historians of science, namely, referees' reports. The work is primarily directed towards physicists, but as it is not only concerned with technical aspects of the history of physics but also deals with cultural and philosophical connections, it will appeal to historians of science, and the discussion of Mach's attitude towards atoms will no doubt interest philosophers. Book 2 is completed by an unusually comprehensive bibliography.

CATTELL, R. B. and KLINE, P. - THE SCIENTIFIC ANALYSIS OF PERSONALITY AND MOTIVATION
Series: Personality and Psychopathology: A Series of Monographs, Texts and Treatises, Vol. 17
Academic Press, London, 1977
XII+385 pp., tables, £11.50

This is a comprehensive reference source to the work of Cattell and other factorists. It supersedes his previous volume, *Scientific Analysis of Personality*, in that it has not only been more closely adapted to student use but also updated in relation to intervening advances. Its basic aims are to explicate the results of the multivariate analysis of personality and to integrate Cattell's work with non-multivariate psychological theory. Topics under discussion include different methods of multivariate analysis and their application to the study of personality and motivation; types of personality test; the psychological meaning of the main personality factors discovered among normals, subnormals and children; the application of these findings to education and to clinical and industrial psychology, and finally their relevance to psychological theories.

CHITWOOD, B. G. and CHITWOOD, M. B. (eds.) - INTRODUCTION TO NEMATOLOGY
University Park Press, Baltimore, 1974 (Reprint)
VII+334 pp., figs. and tables, £8.95

CONTENTS. - I. Introduction, by B. G. CHITWOOD. - II. General Structure of Nematodes, by B. G. CHITWOOD. - III. The External Cuticle and Hypodermis, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - IV. Somatic Musculature, Connective Tissue, Body Cavity and Organs of Body Cavity, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - V. Cephalic Structures and Stoma, by B. G. CHITWOOD. - VI. Esophagus and Esophago-Intestinal Valve, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - VII. The Intestine or Mesenteron, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - VIII. The Posterior Gut, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - IX. The Excretory System, by M. B. CHITWOOD and B. G. CHITWOOD. - X. The Reproductive System, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - XI. The Nervous System, by B. G. CHITWOOD and M. B. CHITWOOD. - XII. Nemic Ova, by R. O. CHRISTENSON and others. - XIII. Gametogenesis, by A. C. WALTON. - XIV. Nemic Embryology, by B. G. CHITWOOD. - XV. Postembryonic Development, by M. B. CHITWOOD. - XVI. Nemic Relationships, by B. G. CHITWOOD. - XVII. Life History: General Discussion, by B. G. CHITWOOD. - XVIII. Life History (Zooparasitica): Parasites of Invertebrates, by J. R. CHRISTIE. - XIX. Life History (Zooparasitica): Parasites of Vertebrates, by A. C. CHANDLER, J. E. ALICATA, and M. B. CHITWOOD. - XX. Feeding Habits of

Nematode Parasites of Vertebrates, by J. E. ACKERT and J. H. WHITLOCK. - XXI. Chemical Composition and Metabolism of Nematode Parasites of Vertebrates and the Chemistry of their Environment, by T. VON BRAND and T. L. JAHN.

CHORLTON, F. - VECTOR & TENSOR METHODS
Series: Mathematics and its Applications
Ellis Horwood Publisher, Chichester, 1976
335 pp., tables, £3.50

CONTENTS. - I. Basic Vector Analysis. 1. Elements of Vector Algebra and Solid Geometry I. - 2. Vector Algebra and Solid Geometry II. - 3. Vector Algebra III. - 4. Vector Calculus I. - 5. Vector Calculus II. - 6. Vector Calculus III. - 7. Vector Calculus IV. - II. Vector and Tensor Applications. 8. Potential Theory I. - 9. Potential Theory II. - 10. Hydrodynamical Applications. - 11. Electrical Applications. - 12. Cartesian Tensor Analysis I. - 13. Cartesian Tensor Analysis II. - 14. Further Applications of the Tensor Calculus.

CHRISTIANSEN, F. B. and FENCHEL, T. M. - THEORIES OF POPULATIONS IN BIOLOGICAL COMMUNITIES
Series: Ecological Studies, Vol. 20
Springer-Verlag, Berlin, 1977
x+144 pp., tables, DM 62,—

This book treats theories of biological communities in terms of properties of single species populations and interactions between populations. It emphasizes that a true understanding of communities can only be achieved through the properties of individuals and populations as shaped by natural selection on individual fitness. The connection between population ecology and population genetics is also stressed. Successive chapters treat mathematical models of population growth, interactions between species and the stability of multispecies systems, the ecological niche, and migration-extinction equilibria in spatially and temporally heterogeneous habitats. A final chapter gives a critical discussion on the community concept in the literature. In accordance with the conviction that theoretical ecology and field ecology will only develop fruitfully through mutual inspiration, the theoretical models are discussed in conjunction with examples from nature.

CLARKE, D. L. (ed.) - SPATIAL ARCHAEOLOGY
Academic Press, London, 1977
XI+386 pp., tables, £9.50

CONTENTS. - 1. Spatial Information in Archaeology, by D. L. CLARKE. - 2. An Analysis of Historical House-plans: A Study at the Structural Level (Micro), by P. DICKENS. - 3. Settlement Studies (Micro and Semi-micro), by R. FLETCHER. - 4. Space and Energy: A Method for Analysing Habitat Value and Utilization in Relation to Archaeological Sites, by R. FOLEY. - 5. The Analysis of the Urban

Structure of Pompeii: A Sociological Examination of Land Use (Semi-micro), by R. A. RAPER. - 6. Some New Directions in the Spatial Analysis of Archaeological Data at the Regional Scale (Macro), by I. HODDER. - 7. Some Observations on Medieval and Post-Medieval Artefact Distributions: A Spatial Model at the Regional Scale (Macro), by P. DANKS.

CLUTTON-BROCK, T. H. (ed.) - PRIMATE ECOLOGY
Academic Press, London, 1977
XXII+631 pp., figs. and tables, £25.00

In this book, seventeen primate field workers were invited to produce chapters summarising, for particular species, the available knowledge on a wide range of behavioural and ecological topics (including grouping patterns, ranging behaviour, population density activity budgets and diet composition). Each chapter examines the extent of intraspecific variation in at least some of these variables. In the penultimate chapter, the editor reviews intraspecific differences in feeding behaviour, examining in turn differences between populations, between seasons, between times of day and between individuals of different age or sex. The final chapter combines measures of feeding and ranging behaviour from these studies with data collected from previous literature in an attempt to construct generalisations concerning species differences in these areas.

COOK, A. H. - CELESTIAL MASERS
Series: Cambridge Monographs on Physics
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIII+135 pp., tables, £7.50

This book summarizes relevant molecular physics and gives a general account of the observations of maser sources and of the principles of the theory of maser action. It describes some of the ways suggested for inverting populations of molecules in levels involved in maser action and discusses the application of current theoretical ideas to the interpretation of observations. Emphasis is placed on problems yet to be solved. This book will interest physicists, astronomers and astrophysicists at the undergraduate, graduate and research level.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Molecular Structure and Spectra. - 3. Observations of Celestial Masers. - 4. Theory of Amplification by Stimulated Emission. - 5. Pumping Schemes. - 6. Analysis and Interpretation of Maser Radiation. - Appendix 1. The Born-Oppenheimer Approximation and Wave Functions for Rotating Molecules. - Appendix 2. Theories of Amplification by Tubular and Spherical Two-level Masers.

COUCHET, G. - LES PROFILS EN AÉRODYNAMIQUE INSTATIONNAIRE ET LA CONDITION DE JOUKOWSKI
Avec une note sur la dynamique des profils
Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, Paris, 1976
XII+252 pp., tables, Fr. 48

CONTENTS. - I. Introduction. 1. Introduction mathématique. - 2. Les équations de la dynamique plane des fluides parfaits. - II. Fluide animé par le déplacement des profils mobiles. 3. Profil sans pointe. - 4. Profil avec pointe. - 5. Profil déformable. - 6. Le biplan rigide. - 7. Grilles et rotors.

COX, C. B., HEALEY, I. N. and MOORE, P. D. - BIOGEOGRAFIA
Un approccio ecologico ed evolutivo
Editrice La Scuola, Brescia, 1977
216 pp., figs. and tables, L. 4.000

Nell'ambito dello studio dei modelli di distribuzione degli organismi, nel tempo e nello spazio, in questo volume *Biogeografia* viene affrontato l'argomento non limitandosi a dare una catalogazione ed una collocazione geografica ad animali e piante, ma studiando e approfondendo le spiegazioni della loro distribuzione. Non vengono trascurate altre discipline collaterali che integrano lo studio delle relazioni tra organismo e habitat, come geologia e paleontologia, geofisica e climatologia, ecologia ed evoluzione. E non viene trascurata l'influenza, considerata « planetaria », dell'uomo sull'ambiente; influenza che provoca, mediante le sue manifestazioni — agricoltura intensiva, industrializzazione, urbanizzazione — sconvolgimenti e modificazioni, a volte determinanti, di migliaia di specie animali e vegetali.

DOUZOU, P. - CRYOBIOCHEMISTRY
An Introduction
Academic Press, London, 1977
x+286 pp., tables, £12.60

This monograph presents a study of the emergence of a procedure, mostly pioneered in the author's laboratory, designed to investigate biochemical components and reactions in fluid solvents at sub-zero temperatures. Applications of the method to soluble, membrane-bound and crystallized enzymes are examined, and the author defines problems which await solution or the collection of further information. The work fills a large gap between cryobiology and chemistry, and is a comprehensive study which will form a sound basis for future investigations. Biochemists involved in studies on enzyme mechanisms and protein fractionation will find this a useful reference work. The book will also be of value to biophysicists, molecular biologists, cryobiologists, protein chemists and cell biologists.

DUCK, S. (ed.) - THEORY AND PRACTICE IN INTERPERSONAL ATTRACTION
Academic Press, London, 1977
x+438 pp., tables, £9.80

This book closely examines the nature of interpersonal attraction; what it is, why we are attracted to some people rather than to others, how it is possible to measure the extent of attraction and attractiveness, and how our lives may be affected by the degree of attractiveness or unattractiveness attributed to us. The editor's approach to the subject is designed to provide students not only with

the information necessary to study the particular topics covered, but also with an insight into the variety of methodologies required for such advanced research. Thus the book is arranged into three sections following the three fundamental questions upon which all research is based. These are: 1) How do specialist workers explain the phenomena in the area? 2) What sorts of study do they do to investigate the area? and 3) How does this area fit in with theoretical work in other areas of the subject?

CONTENTS. - I. Theoretical Approaches to Interpersonal Attraction. - II. Empirical Studies in Interpersonal Attraction. - III. The Place of Interpersonal Attraction in Psychological Theories.

DUPAS, A. - LA LUTTE POUR L'ESPACE
Seuil, Paris, 1977
286 pp., figs., No price stated

CONTENTS. - I. Guerre froide dans le cosmos. 1. Le défi soviétique. - 2. Objectif Lune. - 3. Les espions du cosmos. - 4. Echec et mat. - II. L'astronautique dans le monde. 5. La détente par l'espace. - 6. Guerre dans le cosmos? - 7. La révolution du transport spatial. - 8. La patrie de la cosmonautique. - 9. Le commerce des applications. - 10. Le tiers espace. - Conclusion: le pouvoir spatial.

DU TOIT, B. M. (ed.) - CONFIGURATIONS OF CULTURAL CONTINUITY
A. A. Balkema, Rotterdam, 1976
VIII+151 pp., tables, Dfl. 25,00

In this book is drawn together material pertaining to traditional secret societies in the form of initiation rituals, and less secret societies in the form of cultural adjustment movements. Both of these forms of associations share features of restricted membership and privileged information, but more importantly, both share the element of cultural continuity. In the former youths are inculcated with the values and the knowledge shared by the adult members of the social group or community; in the second persons join or are invited to share membership on the basis of common interests and ideals. Both then aim at giving continuity to the socio-cultural group, its language, its values, its ethnic identity, its religion or some other valued aspect which characterizes it.

CONTENTS. - 1. Rites of Transition. - 2. The Inculcation of Traditional Value-Orientations. - 3. Forms of Adjustment. - 4. Movements of Cultural Adjustment. - 5. Adjustment Movements which did not Adapt. - 6. Consonance and Continuity.

DU TOIT, B. M. (ed.) - DRUGS, RITUALS AND ALTERED STATES OF CONSCIOUSNESS
A. A. Balkema, Rotterdam, 1977
X+272 pp., Dfl. 39,50

This volume contains fifteen chapters, all but one of which are published here for the first time. They range from a general theoretical introduction to a number

of descriptive chapters and include also some important discussions for applied social sciences. Studies range from drug use in South Africa and South America, to street scenes in modern American cities.

CONTENTS. - I. The Subject and the Field. - II. Drug Use and Cultural Patterning. - III. Modern Urban America. - IV. Friend or Stranger. - V. Hallucinogens and Sensory Simulation. - VI. Future Research.

*** EARTHQUAKE PREDICTION AND PUBLIC POLICY
National Academy of Science, Washington, 1975
x+142 pp., $6.50

CONTENTS. - 1. Conclusions and Recommendations. - 2. Earthquakes and Eartquake Prediction. - 3. Earthquake Hazard and Constructive Response to Prediction. - 4. Issuing Predictions and Warnings. - 5. Economic Implications of Earthquake Prediction. - 6. Legal Implications of Earthquake Prediction. - 7. The Problem of Equity. - 8. Political Implications of Earthquake Prediction. - 9. Some Potentially Constructive Responses to Earthquake Warning.

*** ENCICLOPEDIA, Vol. 2
Einaudi, Torino, 1977
x+1199 pp., figs. and tables, L. 35.000

Questo secondo volume, *Ateo-Ciclo*, comprende le seguenti voci: Ateo, by G. GALASSO. - Atlante, by U. TUCCI. - Atmosfera, by S. F. PALMIERI. - Atomo e molecola, by G. RAMUNNI. - Atti linguistici, by O. DUCROT. - Attribuzione, by M. POREBSKI. - Automa, by R. BETTI. - Autoregolazione/equilibrazione, by R. DROZ. - Avanguardia, by A. ASOR ROSA. - Bello/brutto, by R. MECCHIA. - Bisogno, by A. MARGARIDO and N. WACHTEL. - Borghesi/borghesia, by G. PAPAGNO. - Burocrazia, by J. ZAKREWSKA. - Cabala, by M. DAL PRA. - Caccia/raccolta, by M. GODELIER. - Calcolo, by G. GEYMONAT and G. GIORELLO. - Calendario, by J. LE GOFF. - Cannibalismo, by M. AUGÉ. - Canto, by CH. L. BOILÈS. - Caos/cosmo, by G. MICHELI. - Capitale, by T. KOWALIK. - Caso/probabilità, by S. AMSTERDAMSKI. - Casta, by V. VALERI. - Castrazione e complesso, by A. FONTANA. - Catalisi, by G. RAMUNNI and M. PIATTELLI PALMARINI. - Catastrofi, by K. POMIAN. - Categorie/categorizzazione, by F. GIL. - Causa/effetto, by S. AMSTERDAMSKI. - Cellula, by W. S. BECK. - Censura, by A. FONTANA. - Centrato/acentrato, by J. PETITOT. - Cerimoniale, by V. VALERI. - Certezza/dubbio, by S. AMSTERDAMSKI. - Cervello, by G. S. EINON and S. P. ROSE. - Chierico/laico, by J. LE GOFF. - Chiesa, by B. GEREMEK. - Ciclo, by K. POMIAN.

EPSTEIN, H. - DOMESTIC ANIMALS OF NEPAL
Holmes and Meier Publishers, Inc., New York, 1977
XII+131 pp., figs. and tables, $27.50

This book is a comprehensive survey of the physical features, breeding habits, derivation, habitat, and productive yield of the various domestic animals of

Nepal. Based on data obtained through extensive firsthand observation and measurement, this volume provides unique accounts of the diverse breeds of cattle, buffalo, yak, yakcattle hybrids, sheep, goats, pigs, horses, asses, and dogs found in Nepal. Detailed physical descriptions specifying size, conformation, weight, growth rate, and color are supplemented by thorough analyses of the animals' principal capacities and products. The author's findings are amply illustrated with photographs and tables, and his account is enhanced by relevant anthropological detail and through familiarity with existing scholarship.

ESCHER, A. and WATT, S. W. (eds.) - GEOLOGY OF GREENLAND
Grønlands Geologiske Undersøgelse, Copenhagen, 1976
603 pp., figs., tables and maps, Kr. 195

CONTENTS. - 1. Summary of the Geology of Greenland. - 2. Archaean Gneiss Complex of Greenland. - 3. Nagssugtoqidian Mobile belt in West Greenland. - 4. Nagssugtoqidian Mobile Belt in East Greenland. - 5. Rinkian Mobile Belt of West Greenland. - 6. Ketilidian Mobile Belt in South Greenland. - 7. The Gardar Period in Southern Greenland. - 8. East Greenland Caledonian Fold Belt. - 9. Precambrian to Tertiary of Northern Greenland. - 10. Late Paleozoic - Mesozoic Evolution of Central East Greenland. - 11. Cretaceous-Tertiary Sedimentary Rocks of West Greenland. - 12. Tertiary Volcanic Province of West Greenland. - 13. Tertiary Igneous Rocks between Shannon and Scoresby Sund, East Greenland. - 14. Tertiary Igneous Rocks between Scoresby Sund and Kap Gustav Holm, East Greenland. - 15. Glaciation and the Quaternary of Greenland. - 16. Economic Minerals. - 17. Petroleum Geology. - 18. Coal Geology. - 19. Fossil Floras of Greenland. - 20. Palaeovertebrate Faunas of Greenland. - 21. Kimberlites of West Greenland. - 22. Index.

FALKNER, F. (ed.) - FUNDAMENTALS OF MORTALITY RISKS DURING THE PERINATAL PERIOD AND INFANCY
Series: Monographs in Paediatrics, Vol. 9
S. Karger, Basel, 1977
VIII+208 pp., tables, SFr. 85.—

This monograph has been designed to provide a precise view of the various factors contributing to infant mortality rates. Sophisticated epidemiological and biometric methods back up a comparative study of two European cities with markedly different infant mortality rates. The quality of information elicited provides a base from which key issues can be defined and priority targets selected.

FINOCCHIARO, M. A. - HISTORY OF SCIENCE AS EXPLANATION
Wayne State University Press, Detroit, 1973
286 pp., $15.95

CONTENTS. - 1. Explanation and the Critical Philosophy of the History of Science. - I. History-of-Science Explanation. 2. The Explanation of Discoveries: Pre-

dictiveness. - 3. The Explanation of Discoveries: Law-Coverability. - 4. A Third Anomaly and a Reconsideration. - 5. Guerlac on Lavoisier. - 6. Koyré on Galileo and Descartes. - 7. Explaining the Rise of Modern Science. - II. Philosophy of the History of Science. 8. Inductivism, Conventionalism, and Explanationism. - 9. Agassi's Philosophy of the Historiography of Science. - 10. History of Science Explanation: Its Autonomy. - 11. History of Science and Philosophy of Science. - 12. Philosophy of the History of Science: Critique. - III. Understanding the History of Science. 13. Scholarship, History, and Chronicle. - 14. Explanation as Real History. - 15. History-of-Science Explanation: Its Microstructure. - 16. Discovery *vs.* Justification, and Theory *vs.* Practice in Science. - 17. « Scientific Method ». - 18. Bridging Internal and External Factors. - 19. Toward a History of Live Science.

FLÜGEL, E. (ed.) - FOSSIL ALGAE
Recent Results and Developments
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI+375 pp., figs., tables and plates, DM 82,—

During the First International Symposium on Fossil Algae, organized by the Institute of Paleontology of the University Erlangen-Nürnberg in October 1975, about 130 scientists were able to discuss the present status of knowledge; 55 lectures were given, 37 of which now have been chosen for publication. A broad section of this book is reserved for some stimulating papers about the role of algae as facies indicators and sedimentological factors in Recent and Ancient environments.

CONTENTS. - I. Blue-Green Algae and Stromatolites. - II. Green Algae. - III. Red Algae. - IV. Problems of Affinities. - V. Biometry. - VI. Ultrastructure. - VII. Algae and Sedimentary Environments.

FRIEDLAENDER, J. S. - PATTERNS OF HUMAN VARIATION
The Demography, Genetics, and Phenetics of Bougainville Islanders
Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1975
XXX+252 pp., figs. and tables, £13.60

This uniquely comprehensive study analyzes genetic and cultural variation in a human population of extraordinary diversity. The author measures the relationship between patterns of biological and patterns of cultural variation as a way to test the contribution made by natural selection to genetic variability. If linguistic similarity and migration history serve to predict biological patterns, support is provided for the hypothesis that forces other than natural selection are responsible for the diversity observed.

FRISCH, K. V. - AUS DEM LEBEN DER BIENEN
Series: Verständliche Wissenschaft, Vol. 1
Springer-Verlag, Berlin, 1977
X+194 pp., figs. and tables, DM 12,—

CONTENTS. - 1. Das Bienenvolk. - 2. Die Bienenwohnung. - 3. Die Ernährung des Bienenvolkes. - 4. Die Bienenbrut. - 5. Der Bienenschwarm. - 6. Die Drohnenschlacht. - 7. Die Arbeitsteilung im Bienenstaate. - 8. Der Geruchs- und Geschmackssinn. - 9. Die Augen der Bienen und ihre Leistungen. - 10. Das Orientierungsvermögen. - 11. Wie die Bienen miteinander reden. - 12. Das Zeitgedächtnis der Bienen. - 13. Feinde und Krankheiten der Bienen. - 14. Auf der Stufenleiter zum Staat der Honigbienen.

GANS, C. and PARSONS, T. S. (eds.) - BIOLOGY OF THE REPTILIA
Morphology E, Vol. 6
Academic Press, London, 1977
XIII+505 pp., figs. and tables, £19.50

This volume deals with several associated but distinct topics which have received most unequal attention in the previous literature. The chapter by Dr Fox summarizes the enormous and very uneven literature on the reptilian urogenital system. The chapters by Drs Luppa, Cameron and Parsons provide detailed reviews of diverse studies on the reptilian gut. In contrast, the chapter by Drs G. Ottaviani and A. Tazzi presents us with a fresh look at a system which has received only limited attention in the past. Not only have these authors summarized the scattered earlier communications, but they also provide extensive new descriptions and almost entirely new illustrative material for the lymphatic system.

CONTENTS. - 1. The Urinogenital System of Reptiles. - 2. Internal Relief of the Digestive Tract. - 3. Histology of the Digestive Tract. - 4. The Lymphatic System.

GASKELL, P. H. (ed.) - THE STRUCTURE OF NON-CRYSTALLINE MATERIALS
Proceedings of the Society of Glass Technology's Symposium held in Cambridge, September 1976
Taylor and Francis Ltd., London, 1977
x+262 pp., figs. and tables, £15.00

This volume contains a complete record of the papers presented at a conference organised by the Society of Glass Technology and provides a description of the present state of understanding of amorphous solids, covering silicate and chalcogenide glasses, semiconductors, polymers, and the recently discovered exciting metal glasses. Most of the contributions represent new work not reported elsewhere but, to give a coherent approach to what is, by design, a collection of diverse viewpoints, several authors were asked to extend their contributions to include a selective review of their branch of the art. This volume provides a panorama of glass-structure determination and describes almost every method available. It will provide essential reading for all research workers in the subject.

CONTENTS. - 1. Scattering Studies. - 2. Modelling. - 3. Extended X-ray Absorption Fine Structure. - 4. Amorphous Metals. - 5. Local Structure and Defect States. - 6. Local Structure. - 7. Electron and Phonon States. - 8. Relaxation Processes in Polymers. - 9. Modelling and the Glass Transition. - 10. Intermediate Range Structure 1. - 11. Phonons. - 12. Intermediate Range Structures.

GEYMONAT, L. - SCIENZA E REALISMO
Series: Filosofia della Scienza, Vol. 17
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
180 pp., L. 6.000

CONTENTS. - 1. Sulla categoria della totalità. - 2. Logica e dialettica. - 3. La questione del realismo. - 4. La crescita della scienza e la sua razionalità. - 5. La natura e l'uomo. - 6. I compiti della dialettica nella comprensione e trasformazione delle società. - Appendix. Sul concetto di « crisi » della razionalità scientifica.

GILBERT, L. E. and RAVEN, P. H. (eds.) - COEVOLUTION OF ANIMALS AND PLANTS
Symposium V: First International Congress of Systematic and Evolutionary Biology, Boulder, Colorado, August 1973
University of Texas Press, Austin, 1975
XIII+246 pp., figs. and tables, £9.50

Coevolution represents a point of view about the structure of nature that has just begun to be fully explored. The papers presented here herald its emergence as an important and promising field of biological research. *Coevolution of Animals and Plants* is the first book to focus on the dynamic aspects of animal-plant coevolution. It covers, as broadly as possible, all the ways in which plants interact with animals.

CONTENTS. - General Introduction. - 1. Biochemical Coevolution between Plants and their Insect Herbivores, by P. FENY. - 2. Remarks on Carotenoids in the Evolution of Signals, by M. ROTSCHILD. - 3. The Coevolution of Plants and Seed Predators, by C. C. SMITH. - 4. Ant-plant Mutualism: Evolution and Energy, by B. HOCKING. - 5. Coevolution of Orchids and Bees, by C. H. DODSON. - 6. Studies of Nectar-constitution and Pollinator-plant Coevolution, by H. G. BAKER and I. BAKER. - 7. The Role of Energetics in Bumblebee-flower Interrelationships, by B. HEINRICH. - 8. The Ecology of Coevolved Seed Dispersal Systems, by D. MCKEY. - 9. Tropical Forest Phenology and Pollinator Plant Coevolution, by G. W. FRANKIE. - 10. Ecological Consequences of a Coevolved Mutualism between Butterflies and Plants, by L. E. GILBERT.

GOULD, S. J. - ONTOGENY AND PHYLOGENY
Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1977
XIV+501 pp., figs. and tables, £12.95

The author explores recapitulation as an idea that intrigued politicians and theologians as well as scientists. He shows that Haeckel's hypothesis—that human fetuses with gill slits are, literally, tiny fish, exact replicas of their water-breathing ancestors—had an influence that extended beyond biology into education, criminology, psychoanalysis (Freud and Jung were devout recapitulationists), and racism. The theory of recapitulation, Gould argues, finally collpased not from the weight of contrary data, but because the rise of Mendelian genetics rendered it untenable.

CONTENTS. - 1. Prospectus. - I. Recapitulation. 2. The Analogistic Tradition

from Anaximander to Bonnet. - 3. Transcendental Origins, 1793-1860. - 4. Evolutionary Triumph, 1859-1900. - 5. Pervasive Influence. - 6. Decline, Fall, and Generalisation. - II. Heterochrony and Paedomorphosis. 7. Heterochrony and the Parallel of Ontogeny and Phylogeny. - 8. The Ecological and Evolutionary Significance of Heterochrony. - 9. Progenesis and Neoteny. - 10. Retardation and Neoteny in Human Evolution. - 11. Epilogue.

GRATTAN-GUINESS, I. - JOSEPH FOURIER 1768-1830
The MIT Press, London, 1972
XII+516 pp., figs. and tables, £15.75

Beyond being the first substantial publication on Fourier, this work contains the text of Fourier's seminal paper of 1807 on the propagation of heat, marking the first time it has ever appeared in print. This paper incorporates many of the mathematical creations on which Fourier's fame rests, including derivation of the diffusion equation, the separation of the treatment of surface phenomena from internal phenomena, the use of boundary values and initial conditions, and the development of "Fourier series" and the so-called "Bessel functions". The opening biographical chapter of this book follows Fourier's career up to the submission of the 1807 paper, and the two closing chapters take up his life and work from that point on.

CONTENTS. - 1. Twin Careers: Public Servant and Mathematician. - 2. Editing Fourier's Manuscript. - 3. First Steps: Heat Diffusion in between Disjoint Bodies. - 4. Heat Diffusion in Continuous Bodies: A Clue from Biot. - 5. Heat Diffusion in Continuous Bodies: The Appearance of Partial Differential Equations. - 6. Progress with the Lamina: Separation of the Variables and the Appearance of Infinite Trigonometric Series. - 7. The Fourier Coefficients for Particular Series and the Convergence Problem. - 8. The Special Solution for the Lamina. - 9. Sine and Cosine Series for an Arbitrary Function. - 10. Fourier's Reflections on the Vibrating String Problem. - 11. Solution for the Annulus: The Full Fourier Series for an Arbitrary Function. - 12. Fourier's Reflections on His *n*-Body Analysis. - 13. Progress with the Sphere: A New Problem from External Heat Diffusion. - 14. Solution for the Sphere: 'Nonharmonic' Series Solutions. - 15. Progress with the Cylinder: The Use of the Theory of Equations. - 16. Solution for the Cylinder: The Appearance of Transcendental Functions. - 17. A New Diffusion Problem for the Sphere. - 18. Steady-State Diffusion in the Rectangular Prism. - 19. Time-dependent Diffusion in the Cube. - 20. Fourier's Experimental Work. - 21. Scientific Progress and Political Difficulties. - 22. Paris: The Final Years.

GROSSER, D. - DIE HÖLZER MITTELEUROPAS
Ein mikrophotographischer Lehratlas
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VII+208 pp., figs. and tables, DM 98,—

Der Lehratlas beschreibt das makroskopische und mikroskopische Holzbild von

über 70 in Mitteleuropa beheimateten und eingebürgerten Baum- und Straucharten und gibt eine ausführliche und reich illustrierte Einführung in die Anatomie des Holzes. Ein Kapitel ist eigens der Präparation von Holzproben gewidmet. Der Atlas soll den Studenten und allen Interessanten aus Holzwirtschaft, Forstwirtschaft und Botanik sowie anderen am Holz interessierten Fachleuten wie Archäologen, Paläobotanikern, Präbistorikern, Kunst- und Kultugeschichtlern Kenntnisse über die Anatomie des Holzes vermitteln, und, darauf aufbauend, eigene Holzartenbestimmungen ermöglichen.

GRUNDMANN, E. and VAHLENSIECK, W. (eds.) - TUMORS OF THE MALE GENITAL SYSTEM
Series: Recent Results in Cancer Research, Vol. 60
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XII+268 pp., figs. and tables, DM 68,—

The incidence of tumors of the male genital system is rising in recent years. In this volume epidemiology, classification and staging, diagnostics and new developments in therapy are presented in carcinoma of the prostate the histologic diagnosis is often connected with prognosis. Recent advances in needle, biopsy techniques lead towards earlier diagnosis. Surgical resection is supplemented by chemotherapeutic treatment and cryotherapy. Epidemiology, classification and therapy of penis carcinoma are also undergoing changes through new findings. Testicular tumors require equally differentiated diagnostics and treatment. Local surgery has been associated with retroperitoneal lymph node resection and supplemented by chemotherapeutic methods. The latest results in endocrinology of testes tumors may open up new ways of therapy. Theoretical and clinical problems of all these tumors are extensively covered in this volume including papers by leading epidemiologists, pathologists and clinicians.

GUDERIAN, R. - AIR POLLUTION
Phytotoxicity of Acidic Gases and its Significance in Air Pollution Control
Series: Ecological Studies, Vol. 22
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII+127 pp., figs. and tables, DM 58,—

The author's personal experiments, with an extensive survey and evaluation of the literature, show the effects of sulfur dioxide, hydrogen fluoride, and hydrogen chloride, important air pollutants causing injury to vegetation, on different ecosystem levels. Injurious effects are discussed in relationship to pollutant constellation, internal and external growth factors, and the inherent degree of resistance of higher and lower plants. Experimental analysis of effects of air pollutants is evaluated. The detailed presentation, well-documented with tables and figures, considers not only the special aspects of teaching and research, but also the significance of plant and ecosystem reactions for practical air pollution control, the determination of allowable atmospheric pollutant concentrations, the use of biological indicators for recognition and surveillance of air pollutants, and protective measures for reducing injury at the growing site.

GVISHIANI, D. M., MIKULINSKY, S. R. and KUGEL, S. A. (eds.) - THE SCIENTIFIC INTELLIGENTSIA IN THE USSR
(Structure and Dynamics of Personnel)
Series: Progress, Socialism today
Progress Publishers, Moscow, 1976
247 pp., tables, No price stated

In the first part of this book, general theoretical and methodological problems of the study of the structure and dynamics of scientific personnel during the time of the scientific and technological revolution are considered. The second part, based on extensive statistical data, contains a multi-faceted description and analysis of the structure and dynamics of the scientific personnel of the USSR. In the appendix, an account is given of certain methods for the study and forecasting of the structure and number of scientific personnel. The basic material used in this book is calculated from data of the statistical year books and collections of the Central Statistical Board of the USSR, from material collected by the Cultural Statistics Department of the Central Statistical Board of the USSR, by the Personnel Office of the Presidium of the USSR Academy of Sciences and also from questionnaires, circulated among scientific workers in Academy and industry scientific establishments and factory laboratories by the Sociological Problems of Science Sector of the Leningrad division of the Institute of the History of the Natural Sciences and Technology under the USSR Academy of Sciences. The book presented here was written by the following authors: K. M. Varshavsky, S. A. Kugel, Yu. S. Meleshchenko, S. R. Mikulinsky, V. N. Orlov, F. V. Rossels, N. K. Serov, E. M. Sidorova, N. V. Kovanov. Research for press by: N. I. Kochetova, L. K. Kuzmina, G. A. Firsova, V. E. Khazina, P. B. Shelishch.

HARPER, J. L. - POPULATION BIOLOGY OF PLANTS
Academic Press, London, 1977
XXIV+892 pp., figs. and tables, £30.00

This book defines a science of population biology appropriate for plants. The author describes the processes that determine the numbers of plants (and the number of plant parts) by describing the separate stages in a general model of population behaviour and analyzes the ways in which individual plants interfere with each other's growth and risk of death. He also considers aspects of the behaviour of animals that influence or determine the size of plant populations. This reference work will be of considerable value to students, postgraduates and research workers in biology, agriculture and forestry.

CONTENTS. - I. Dispersal, Dormancy and Recruitment. - II. The Effects of Neighbours. - III. The Effects of Predators. - IV. The Natural Dynamics of Plant Populations. - V. Plants, Vegetation and Evolution.

HARRÉ, R. (ed.) - RIVOLUZIONI SCIENTIFICHE E RIVOLUZIONI IDEOLOGICHE
Series: Collana di Metodologia delle scienze e di Filosofia del linguaggio, Vol. 9
Armando Armando Editore, Roma, 1977
127 pp., L. 2.500

CONTENTS. - 1. Prefazione, by R. HARRÉ. - 2. Che cosa è il progresso scientifico?, by Sir H. BONDI. - 3. Sulla teoria molecolare dell'evoluzione, by J. L. MONOD. - 4. I progressi biomedici: una benedizione ambigua?, by W. F. BODMER. - 5. « ... Et augebitur Scientia », by J. R. RAVETZ. - 6. Lo scosceso e difficile sentiero della scienza del comportamento, by B. F. SKINNER. - 7. La razionalità delle rivoluzioni scientifiche, by K. R. POPPER.

HARRISON, G. A. (ed.) - POPULATION STRUCTURE AND HUMAN VARIATION
Series: International Biological Programme, Vol. 11
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XVII+342 pp., tables, £17.50

This volume is a collection of eleven studies conducted during the International Biological Programme on the biological structure of human populations. They deal particularly with population genetics, demography and ecology, and discuss the experimental strategies to be adopted when making such studies. Each chapter is in the form of a broad review aimed at those wanting to understand human population biology. The volume is an international one, both in terms of its authorship and of the populations studied, and the projects discussed represent the whole variety of problems and approaches tackled by the IBP investigators interested in population biology. In short, this book represents an excellent evaluation of human biology in the mid twentieth century. It will be of importance to university teachers, research workers and graduate students in anthropology and human biology.

HARRISON, R. G. and DE BOER, C. H. - SEX AND INFERTILITY
Series: Monographs for Students in Medicine
Academic Press, London, 1977
XII+122 pp., figs. and tables, £2.80

This book aims to educate the undergraduate and postgraduate medical students in the problems of the infertile couple, with particular reference to the male. In most textbooks and popular works the male aspect of the problem is rarely given the consideration it deserves. In addition to a description of the clinical features of the infertile couple and the methods of clinical examination, the authors outline the basic anatomy and physiology of sex and the reproductive apparatus as a preliminary to a full understanding of coitus and fertilisation. The book has been designed to aid courses in sex, reproduction and infertility which exist in many medical schools.

HEITEFUSS, R. and WILLIAMS, P. H. (eds.) - PHYSIOLOGICAL PLANT PATHOLOGY
Series: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 4
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XX+890 pp., figs. and tables, DM 194,—

CONTENTS. - 1. General. - 2. Spore Germination and Its Regulation. - 3. Cytology and Physiology of Penetration and Establishment. - 4. Forces by which the Pathogen Attacks the Host Plant. - 5. Physiology of Host Response to Infection. - 6.

Modification of the Host Response. Predisposition. - 7. Biotrophic Parasites in Culture. - 8. Genetics of Host-Parasite Interactions.

HENNEQUET, A. - MÉMENTO DE PÉDIATRIE PRATIQUE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977 (2nd Ed.)
367 pp., tables, Fr. 58

Cet ouvrage n'est pas un abrégé de pédiatrie: il ne contient aucun texte concernant la pathologie. Destiné aux étudiants en médecine, aussi bien qu'aux pédiatres et aux infirmières puéricultrices, il constitue une somme de documents concernant des chapitres très divers. Ils permettent de donner une réponse immédiate à des questions aussi différentes que la longueur de foetus à 27 semaines, le poids atomique du soufre, la composition du LCR, le volume débité en 24 heures par une perfusion réglée à 12 gouttes/minute, la composition des différents laits, la posologie des barbituriques, la liste des toxiques et de leurs effets, la structure des stéroïdes ou le schéma de la coagulation, etc.

HERIVEL, J. - JOSEPH FOURIER: THE MAN AND THE PHYSICIST
Clarendon Press, Oxford, 1975
XII+350 pp., figs., £9.75

Fourier's *Analytical Theory of Heat* was largely mathematical in content and its influence—which was very great—was mostly felt in pure and applied mathematics as opposed to physics. But the foundation-stone of the whole work, the basic equation of the propagation of heat in solid bodies, could have been derived only by one who had an intimate grasp of the problem on the physical side. This aspect of Fourier's work has not previously received the attention it deserves. It is considered in detail in the present book, especially in two chapters which are concerned with the derivation of the equation of motion and the formulation and justification for the basic expression for the heat flux in solid bodies. Finally, an attempt is made to draw together both parts of the book by considering Fourier's influence as a physicist, his achievements as a man, and possible interactions between the man and physicist.

HIGGINS, J. R. - COMPLETENESS AND BASIS PROPERTIES OF SETS OF SPECIAL FUNCTIONS
Series: Cambridge Tracts in Mathematics, Vol. 72
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
x+134 pp., £9.80

This tract presents an exposition of methods for testing sets of special functions for completeness and basis properties, mostly in L^2 and L^2 spaces. The first chapter contains the theoretical background to the subject, largely in a general Hilbert space setting, and theorems in which the structure of Hilbert space is revealed by properties of its bases are dealt with. Later parts of the book deal with methods: for example, the Vitali criterion, together with its generalisations and applications, is discussed in some detail, and there is an introduction to the

theory of stability of bases. The last chapter deals with complete sets as eigenfunctions of differential and integral operators. An appendix contains a table of a wide variety of bases and complete sets of special functions.

HOBST, L. and ZAJIC, J. - ANCHORING IN ROCK
Series: Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 13
Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1977
X+390 pp., figs. and tables, $39.95

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Principles of Anchoring Structures in Rock and Soil. - 3. Rock Medium. - 4. Anchorage. - 5. Design and Execution of Structures Anchored in Rocks and Soils. - 6. Effect of Anchoring on Economy and Safety of Structures.

HOEFFE, O. (ed.) - LEXIKON DER ETHIK
Series: Beck'sche Schwarze Reihe, Vol. 152
C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München, 1977
287 pp., DM 14,80

CONTENTS. - 1. Vorwort. - 2. Abkürzungen. - 3. Die Mitarbeiter. - 4. Artikel und Verweise. - 5. Quellen der Ethik. - 6. Nachschlagewerke. - 7. Sammelbände.

HOLT, M. - NUMERICAL METHODS IN FLUID DYANIMCS
Series: Springer Series in Computational Physics
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII+253 pp., tables, DM 72,—

CONTENTS. - 1. General Introduction. - 2. The Godunov Schemes. - 3. The BVLR Method. - 4. The Method of Characteristics for Three-dimensional Problems in Gas Dynamics. - 5. The Method of Integral Relations. - 6. Telenin's Method and the Method of Lines.

HOPPE, W., LOHMANN, W., MARKL, H. and ZIEGLER, H. (eds.) - BIOPHYSIK
Ein Lehrbuch
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XVI+720 pp., figs. and tables, DM 98,—

Biophysik ist ein wichtiges Grenzgebiet zwischen Physik, Chemie und Biologie. Das Sammelwerk führt den Leser in einem weitgespannten Rahmen von der Molekularbiologie über die physiologische Biophysik und Kybernetik zu einer physikalisch fundierten Evolutionstheorie und weist ihm den Weg zu einem tieferen Verständnis der Lebensvorgänge.

CONTENTS. - 1. Bau der Zelle (Prokaryonten, Eukaryonten), by E. SCHNEPF. - 2. Der chemische Bau biologisch wichtiger Makromoleküle, by H. TSCHESCHE. - 3. Physikalische Methoden zur Bestimmung der strukturellen Eigenschaften

von Biomolekülen. - 4. Intra- und Intermolekulare Wechselwirkungen. - 5. Energieübertragungsmechanismen. - 6. Strahlenbiophysik, by E.-G. NIEMANN. - 7. Tracer-Methoden in der Biologie, by H. SIMON. - 7. Energetische und statistische Beziehungen. - 9. Enzyme als Biokatalysatoren, by R. HUBER. - 10. Die biologische Funktion der Nucleinsäuren, by W. ZILLIG. - 11. Membranen. - 12. Sensorische Transduktionprozesse. - 13. Photobiophysik. - 14. Biomechanik. - 15. Elektrorezeption und Ortung in elektrischen Feld, by TH. SZABO. - 16. Geo-Biophysik: Magnetfeld und Organismen, by H. MARKL. - 17. Kybernetik. - 18. Evolution.

IBACH, H. (ed.) - ELECTRON SPECTROSCOPY FOR SURFACE ANALYSIS
Series: Topics in Current Physics, Vol. 4
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI+255 pp., tables, DM 64,—

CONTENTS. - Introduction, by H. IBACH. - 2. Design of Electron Spectrometers for Surface Analysis, by D. ROY and J. D. CARETTE. - 3. Electron-Excited Core Level Spectroscopies, by J. KIRSCHNER. - 4. Electron Diffraction and Surface Defect Structure, by M. HENZLER. - 5. Photoemission Spectroscopy, by B. FEUERBACHER and B. FITTON. - 6. Electron Energy Loss Spectroscopy, by H. FROITZHEIM.

JACOBSON, D. H. - EXTENSION OF LINEAR-QUADRATIC CONTROL, OPTIMIZATION AND MATRIX THEORY
Series: Mathematics in Science and Engineering, Vol. 133
Academic Press, London, 1977
X+217 pp., £6.50

Control, optimization and matrix theory are closely linked in many ways, perhaps most strongly by the linear-quadratic aspects they have in common. The present work seeks to extend, develop and strengthen this link by presenting a number of extensions of the well-known linear-quadratic theories. Consequently it should prove to be particularly useful to graduate students, teachers and researchers in science and engineering.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Non-Linear-Quadratic Control Problems. - 3. Copositive Matrices, Non-Convex Quadratic Forms and Quadratic Differential Equations. - 4. Non-Negativity Conditions for Constrained and Non-Quadratic Functionals. - 5. Controllability for Constrained and Non-Quadratic Functionals. - 5. Controllability of Constrained Linear Autonomous Systems. - 6. New Approaches to Function Minimization. - 7. Conclusion.

JAFFE, B. - CRUCIBLES: THE STORY OF CHEMISTRY
From Ancient Alchemy to Nuclear Fission
Dover Publications Inc., New York, 1976 (4th revised edition)
IX+368 pp., $5.00

CONTENTS. - I. Bernard Trevisan (1406-1490). - II. Theophrastus Paracelsus (1493-1541). - III. John Joachim Becher (1625-1682). - IV. Joseph Priestley

(1733-1804). - V. Henry Cavendish (1731-1810). - VI. Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). - VII. John Dalton (1766-1844). - VIII. John Jacob Berzelius (1799-1848). - IX. Amedeo Avogadro (1776-1856). - X. Friedrich Woehler (1800-1882). - XI. Dimitri Ivanovitch Mendeléeff (1834-1907). - XII. Svante Arrhenius (1859-1927). - XIII. Marie Sklodowska Curie (1867-1934). - XIV. Joseph John Thomson and Ernest Rutherford (1871-1937). - XV. Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915). - XVI. Niels Bohr (1885-1962) and Irving Langmuir (1881-1957). - XVII. Ernest Orlando Lawrence (1901-1958). - XVIII. The Men who Harnessed Nuclear Energy. - XIX. Nuclear Energy Today and Tomorrow.

JARRETT, A. (ed.) - THE PHYSIOLOGY AND PATHOPHYSIOLOGY OF THE SKIN
The Hair Follicle, Vol. 4
Academic Press, London, 1977
XIX+304 pp., figs. and tables, £18.50

The aim of the series is to provide a comprehensive survey of the literature, covering all aspects of the subject. Volume 4 concentrates on the physiological facets of hair growth, including the genetics of hair colour and the physical properties of the hair fibre. It also covers recent advances in disorders of human hair growth. The economic importance of wool has encouraged much of the fundamental work on the hair follicle to be carried out on sheep. This book contains information on the physico-chemical nature of wool and on its production which will be invaluable to zoologists and to biologists concerned with the wool industry.

JONES, M. H. - A PRACTICAL INTRODUCTION TO ELECTRON CIRCUITS
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XII+237 pp., tables, £3.95

CONTENTS. - 1. Amplification and the Transistor. - 2. The Field-effect Transistor. - 3. Thermionic Valves and the Cathode-ray Tube. - 4. Negative Feedback. - 5. Impedance Matching. - 6. Semiconductor Device Characteristics. - 7. Amplification at High Frequencies. - 8. Low-frequency Signals, d.c. and the Differential Amplifier. - 9. Power Supplies and Power Control. - 10. Pulse Handling and Time Constants. - 11. Integrated Circuit Building Bricks. - 12. Positive Feedback Circuits and Signal Generators. - 13. Logic, Counters and Timers.

JONES, R. A. and BEAN, G. P. - THE CHEMISTRY OF PYRROLES
Series: Organic Chemistry, A Series of Monographs, Vol. 34
Academic Press, London, 1977
IX+525 pp., tables, £21.00

The aim of this textbook is to provide a comprehensive survey of the basic chemistry of pyrrole presented in a systematic modern manner. The eleven chapters discuss the structure, synthesis, and the reactivity of the pyrrole ring, the synthesis and reactivity of substituted pyrroles and the physical organic properties of pyrrole and its derivatives. This new and very comprehensive book will be of great value to undergraduate and graduate students and workers in the fields of chemistry and biochemistry, as well as in pharmacy and medicinal chemistry.

KELLY, P. T. - DEALING WITH DILEMMA
A Manual for Genetic Counselors
Series: Heidelberg Science Library
Springer-Verlag, New York, 1977
XIII+143 pp., No price stated

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Overview of the Genetic Counseling Process. - 3. Intake Visit. - 4. Diagnostic Visit. - 5. Follow-up Visits. - 6. Emotional and Social Reactions to Genetic Disease. - 7. Genetic Counseling Techniques. - 8. Sociological Aspects of Genetic Counseling. - 9. Questions Genetic Counselors Ask.

KLEIN, M. L. and VENABLES, J. A. (eds.) - RARE GAS SOLIDS, Vol. 2
Academic Press, London, 1977
XIV+644 pp., figs. and tables, £26.00

This book, together with Volume 1, gives an up-to-date account of research on the rare gas solids. These solids, formed by condensing helium, neon, argon, krypton and xenon, are the simplest of all molecular solids, and consequently both theoretical and experimental research has progressed further than that on other molecular solids. By describing achievements, and highlighting points of uncertainty, it is intended to stimulate further research on all these materials. The second volume should be considered simply as a continuation of Volume I since the work was planned as a single entity. Consequently the pages are numbered sequentially throughout the two volumes, and the index to this volume refers to the work as a whole. The present volume contains largely the experimentalists' view of the subject, in contrast to Volume I which was mostly written by theoreticians. Although theoreticians and experimentalists are both interested in the physical content of their work, they approach the subject in quite different ways, so the division of the work into two seemed quite natural. The two volumes are complementary and cross-references have been made wherever possible. Volume II is to some extent technique-oriented, and contains extensive tabulations and critical evaluation of experimental data for the rare gas solids.

KRAJEWSKI, W. - CORRESPONDENCE PRINCIPLE AND GROWTH OF SCIENCE
Series: Episteme, Vol. 4
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1977
XIV+138 pp., Dfl. 55,—

In this book, Bohr's Correspondence Principle is held to be a basic principle of the growth of science. However, it is connected with some logical difficulties. In order to surmount them, the author points out the idealizational nature of the fundamental laws of science, which has been lately emphasized by some Polish philosophers. The process of idealization and factualization in science is examined. Then different interpretations of the correspondence relation are discussed. Several types of methodological empiricism are presented with the stress on those which point out the idealizational nature of laws and the role of the competition between theories. In the last part of the book, the development of science is analysed from a more general point of view. The problem of revolutions and continuity (cumulation) in science is examined. A view is presented that there are two kinds of

revolutions, but neither of them leads to a complete breach of continuity. In spite of revolutions, science progresses through relative (approximate) truths towards the absolute (exact) one.

LANDAU, L. D. and LIFSHITZ, E. M. - QUANTUM MECHANICS
(Non-relativistic Theory)
Series: Cours of Theoretical Physics, Vol. 3
Pergamon Press, Oxford, 1977 (3rd Ed.)
XIV+673 pp., tables, £13.85

This is the third English edition of a well and world-known book. A fair amount of new material has been added, including some more problems, and relating both to recent research and to earlier results that have now become of greater significance. In the present edition E. M. Lifshitz has added many necessary references to other authors. He has also added references to the work of Landau describing results or methods that are due to this latter and have not been published elsewhere. The whole of the work on revising this volume has been done in close collaboration with L. P. Pitaevskii.

CONTENTS. - I. The Basic Concepts of Quantum Mechanics. - II. Energy and Momentum. - III. Schrödinger's Equation. - IV. Angular Momentum. - V. Motion in a Centrally Symmetric Field. - VI. Perturbation Theory. - VII. The Quasi-classical Case. - VIII. Spin. - IX. Identity of Particles. - X. The Atom. - XI. The Diatomic Molecule. - XII. The Theory of Symmetry. - XIII. Polyatomic Molecules. - XIV. Addition of Angular Momenta. - XV. Motion in a Magnetic Field. - XVI. Nuclear Structure. - XVII. Elastic Collisions. - XVIII. Inelastic Collisions. - Mathematical Appendices.

*** LA PRODUCTION D'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT
OCDE, Paris, 1977
130 pp., tables, Fr. 22

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. L'implantation des grandes installations énergétiques. - 3. Incidences sur l'environnement de l'exploration et de la production en mer de pétrole et de gaz. - 4. Principaux problèmes d'environnement liés au charbon. - 5. Interdipendance entre les politiques énergétiques et celles visant à reduire les émissions d'oxydes de soufre.

LEUTHOLD, W. - AFRICAN UNGULATES
A Comparative Review of their Ethology and Behavioral Ecology
Series: Zoophysiology and Ecology, Vol. 8
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIII+307 pp., figs. and tables, DM 72,—

CONTENTS. - I. General Background. 1. African Habitats. - 2. The Ungulate Fauna of Africa. - 3. Ethological Research on African Ungulates. A. Historical Review. - B. Methods of Study. - 4. Conservation. - II. Comparative Review of

Nonsocial Behavior. - 5. Physical Maintenance Behavior. A. Feeding Behavior. - B. Drinking Behavior. - C. Urination and Defecation. - D. Comfort Behavior. - 6. Behavior Related to the Environment. A. Habitat Selection. - B. Space-Related Behavior. - C. Time-Related Behavior. - D. Space-Time Systems. - E. Influences of Weather on Behavior. - 7. Relations with Animals of other Species. A. Positive Relations. - B. Neutral Relations. - C. Negative Relations. - III. Social Behavior. 8. Expression and Communication. A. Visual Signals. - B. Auditory Signals. - C. Olfactory Signals. - D. Tactile Signals. - 9. Individual Recognition. - 10. Coordination and Cooperation. - 11. Leadership. - 12. Agonistic Behavior. A. Introduction. - B. Weapons and Fighting Techniques. - C. Threat and Intimidation Displays. - D. Submission and Appeasement. - E. Systematic Review. - 13. Sexual Behavior. A. Precopulatory Behavior. - B. Copulation. - C. Postcopulatory Behavior. - D. Systematic Review. - E. Functional Aspects. - 14. Maternal/filial Behavior. A. Prepartum Behavior. - B. Parturition. - C. Postpartum Behavior. - D. The Mother-Young Bond. - E. Behavioral Development of the Young. - F. Weakening and Dissolution of the Mother-Young Bond. - G. Functional Aspects. - IV. Social Organization. 15. General Patterns in Social Relations. A. Gregariousness, Aggregations and Social Groupings. - B. Spatial Relationships between Individuals in Groups. - C. Dominance and Territoriality. - 16. Types of Social Organization in African Ungulates. A. Nonexclusive Home Ranges. - B. Nonexclusive Home Range but Exclusive Home Site. - C. Exclusive Home Range in Males Only: Home Range Coincides with Territory. - E. Only Part of/Home Range Exclusive, in Males Only: Mating Territory. - F. Territory and Absolute Hierarchy Combined. - V. Behavior and Ecological Adaptation. 17. The Influence of Environmental Factors on the Spatial and Social Organization. A. Movements and Home Range. - B. Social Organization. - 18. Functional Aspects of Certain Social Behaviors. A. Gregariousness. - B. Dominance. - C. Social Organization. - 19. Relationships between Morphology, Ecology, and Social Organization of African Ungulates. - 20. Applications of Ethological Information to Management. A. Conservation and Hunting. - B. Game Ranching and Cropping. - C. Management in Captivity. - D. Conclusion.

LOEHLIN, J. C. and NICHOLS, R. C. - HEREDITY, ENVIRONMENT, AND PERSONALITY
A Study of 850 Sets of Twins
University of Texas Press, Austin, 1976
XII+202 pp., tables, £6.75

This volume reports on a study of 850 pairs of twins who were tested to determine the influence of heredity and environment on individual differences in personality, ability, and interests. It presents the background, research design, and procedures of the study, a complete tabulation of the test results, and the authors' extensive analysis of their findings. Based on one of the largest studies of twin behavior ever conducted, the book challenges a number of traditional beliefs about genetic and environmental contributions to personality development.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Design of the Study. - 3. Twins and Nontwins. - 4. Twin Resemblance. - 5. Early Environment. - 6. Some Special Analyses. - 7. Heredity and Environment. - Appendixes. A. Questionnaires. - B. Basic Data Tables.

LOPES, J. L. and PATY, M. (eds.) - QUANTUM MECHANICS, A HALF CENTURY LATER
Series: Episteme, Vol. 5
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1977
x+310 pp., figs. and tables, No price stated

This book contains papers presented by physicists and logicians as a Symposium on *Quantum Mechanics, a Half Century later*, which was held at the University of Strasbourg on the occasion of the fiftieth anniversary of the original paper by Louis de Broglie. This volume will convey to the reader the idea that quantum mechanics, besides being a fundamental tool for scientific workers today, is also a source of a number of questions and thoughts about the interpretation of the foundation of quantum mechanics itself. This gives rise to problems of a philosophical and logical character and has repercussions on other domains such as the theory of gravitation.

LORENZ, K. - LORENZ ALLO SPECCHIO
Series: Collana di Metodologia delle scienze e di Filosofia del linguaggio, Vol. 11
Armando Armando Editore, Roma, 1977
239 pp., L. 4.000

CONTENTS. - Presentazione, by V. SOMENZI. - Introduzione, by R. I. EVANS. - I. Intervista con Konrad Lorenz. 1. Etologia e « Imprinting ». - 2. Interpretazioni etologiche della motivazione. - 3. Discussioni sull'aggressività. - 4. Alcuni concetti e problemi psicologici. - 5. Riflessioni su problemi attuali e sul futuro. - II. Konrad Lorenz come psicologo. 1. Konrad Lorenz come psicologo, by D. CAMPBELL. - 2. Konrad Lorenz risponde a Donald Campbell. - 3. Evoluzione della ritualizzazione nelle sfere biologica e culturale, by K. LORENZ. - 4. L'errore alla moda di tralasciare la descrizione, by K. LORENZ. - 5. La dottrina kantiana dell'« a priori » alla luce della biologia contemporanea, by K. LORENZ. - 6. L'ostilità tra generazioni e le sue probabili cause etologiche, by K. LORENZ.

LOVESEY, S. W. and SPRINGER, T. (eds.) - DYNAMICS OF SOLIDS AND LIQUIDS BY NEUTRON SCATTERING
Series: Topics in Current Physics, Vol. 3
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI+379 pp., tables, DM 72,—

This book contains seven chapters, written by internationally renowned experimental and theoretical scientists, on the motion of atoms and molecules in solids and liquids, studied by neutron spectroscopy. It includes structural phase transitions, phonons, magnetic excitations, collective excitations in monoatomic classical liquids, hydrogen diffusion in metals, rotations and tunneling in molecular crystals. The latter subjects are treated with special emphasis to problems related to physical chemistry. The inclusion of an introductory chapter and a uniform notation should facilitate the use of the book by scientists for whom neutron scattering is not a main research activity.

LUCKNER, M., NOVER, L. and BÖHM, H. - SECONDARY METABOLISM AND CELL DIFFERENTATION
Series: Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics, Vol. 23
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VI+130 pp., tables, DM 48,—

This volume is based on the concept that the biosynthesis of secondary natural substances is a widely found characteristic of cell specialization in almost all organisms. As in other specialization processes, the formation of the enzymes involved is dependent on the stage of differentiation of the respective cell. For this reason the central theme of the book, together with chapters on coordinated enzyme synthesis and possible effectors of gene expression in this field of metabolism, is the analysis of differentiation programs, including the formation of enzymes of secondary metabolism. Particular aspects of the formation of secondary natural substances in plant cell cultures are treated in a separate chapter.

LUCOTTE, G. - LE POLYMORPHISME BIOCHIMIQUE ET LES FACTEURS DE SON MANTIEN
Masson, Paris, 1977
VII+63 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - I. Le polymorphisme biochimique. - II. La variabilité électrophorétique chez les organismes. - III. Le paradoxe du fardeau de ségrégation. - IV. L'avantage de l'hétérozygote. - V. Autres théories sélectives. - VI. La théorie naturaliste. - VII. Aux limites de la variabilité électrophorétique.

MADDOX, I. J. - ELEMENTS OF FUNCTIONAL ANALYSIS
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
X+208 pp., £2.95

This book provides a readable introductory course on functional analysis for undergraduates who have completed basic courses on real and complex variable theory. Much of the theory is illustrated by examples involving sequence spaces rather than integration spaces, though most results for sequence spaces can readily be generalised for integration spaces. However, references are given to the relevant theorems on interchange of limit and integral. The final chapter gives an account of matrix transformations in sequences spaces and demonstrates some applications of the general theory of functional analysis. There are over 300 exercises throughout the book, varying from the elementary to the quite difficult.

MAURIN, K. and RACZKA, R. (eds.) - MATHEMATICAL PHYSICS AND PHYSICAL MATHEMATICS
Proceedings of the International Symposium held in Warsaw 25-30 March, 1974
Series: Mathematical Physics and Applied Mathematics, Vol. 2
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
XVIII+504 pp., Dfl. 105,—

This book contains review articles and original papers in five domains of mathematical physics: Quantum Field Theory, Nonlinear Problems of Field Theory,

Group Representation in Quantum Theory, Quantum Mechanics and Particle Physics and Quantum Statistical Physics. The contributions are made by the most prominent specialists in theoretical and mathematical physics, presenting new discoveries in various domains of mathematical and theoretical physics concerning bound states and critical points in Quantum Field Theory, progress of Euclidean Quantum Field Theory, recent development in Nonlinear Scalar and Spinor Theory, theory of gauge fields broken gauge and Scale Invariance, theory of gravitational waves, new results in theory of extended models and application of theory of Group Representation in Quantum Physics.

MAZZI, V. and FASOLO, A. - INTRODUZIONE ALLA NEUROLOGIA COMPARATA DEI VERTEBRATI
Series: Serie di Biologia e Medicina
Boringhieri, Torino, 1977
x+621 pp., figs. and tables, L. 30.000

Gli autori, in questo volume, si propongono di dare un'immagine coordinata del sistema nervoso e degli organi di senso, in una prospettiva rigorosamente evoluzionista. L'opera fornisce tanto agli studenti di scienze biologiche e naturali, di medicina, quanto agli specializzandi in neurologia e a coloro che operano nell'ambito della psicologia sperimentale un quadro aggiornato della moderna neurologia comparata. Sulla base di un'esperienza didattica e di ricerca di molti anni e con l'ausilio di numerose illustrazioni e tabelle, essi espongono non solo gli aspetti anatomici (macroscopici e microscopici) ma anche gli aspetti funzionali del sistema nervoso dei Vertebrati, riferendosi ai metodi di ricerca più recenti. Il libro presenta inoltre considerazioni sui rapporti tra sistema nervoso, comportamento ed evoluzione, fondamenti di neuroendocrinologia e un'esposizione concisa ma esauriente degli organi di senso.

CONTENTS. - 1. L'analisi comparativa del sistema nervoso dei Vertebrati. - 2. Generalità sul sistema nervoso dei Vertebrati. - 3. L'organizzazione morfofunzionale del tessuto nervoso. - 4. Sviluppo del sistema nervoso. - 5. Il midollo spinale. - 6. Il sistema autonomo. - 7. Sistema della linea laterale e orecchio. - 8. Tronco cerebrale. - 9. Il cervelletto. - 10. Il mesencefalo. - 11. L'occhio. - 12. Il diencefalo. - 13. Il sistema olfattivo. - 14. Il telencefalo dei Submammiferi. - 15. Il telencefalo dei Mammiferi. - 16. Sistema nervoso, evoluzione e comportamento. - 17. I meccanismi di integrazione neuroendocrina.

MECACCI, L. - CERVELLO E STORIA
Ricerche sovietiche di neurofisiologia e psicologia
Series: Nuova biblioteca di cultura, serie scientifica, Vol. 162
Editori Riuniti, Roma, 1977
182 pp., tables, L. 3.000

CONTENTS. - I. Il riduzionismo fisiologico. - II. La teoria dell'attività nervosa superiore. - III. Il «salto dialettico ». - IV. La scuola pavloviana. - V. Neurofisiologia, cibernetica e psicofisiologia. - VI. I sistemi funzionali. - VII. Il problema dell'individuo.

*** MÉCANISMES D'ALTÉRATION ET DE RÉPARATION DU DNA, RELATIONS AVEC LA MUTAGÉNÈSE ET LA CANCÉROGÉNÈSE CHIMIQUE
Menton, 4-9 Juillet 1976
Series: Colloques Internationaux du C.N.R.S., N. 256
Editions du C.N.R.S., Paris, 1977
475 pp., figs. and tables, Fr. 190

Ce colloque de cancérogénèse chimique a mis en évidence les progrès remarquables accomplis récemment dans l'appréciation quantitative au laboratoire des potentialités cancérogènes des substances chimiques. Il a également indiqué certaines difficultés de mise en oeuvre de ces techniques et d'évaluation de leurs résultats.

CONTENTS. - Introduction. - Allocution, by Doct. ZAJDELA. - Address, by Prof. GROVER. - 1. Types of Interactions between Carcinogens and Nucleic Acids, by I. B. WEINSTEIN. - 2. The Metabolic Activation of Polycyclic Hydrocarbons: Diols, Diolepoxides and DNA, by P. L. GROVER. - 3. Metabolism of Dimethylnitrosamine and its Reaction with Nucleic Acids, by G. PRODI, S. GRILLI and A. BERTOLUZZA. - 4. Effects of Inducers and Inhibitors on the Benzo (a) Pyrene Hydroxylase of Isolated Rat Liver Nuclei and Nuclear Envelopes and their Effects on the Binding of Benzo (a) Pyrene to Endogenous DNA, by K. ALEXANDROV. - 5. Structural Modification of DNA after Covalent Binding of a Carcinogen, by M. P. DAUNE and R. P. P. FUCHS. - 6. Sites and Mechanisms of Alteration in Nucleic Acids. A Quantum Mechanical Study, by A. PULLMAN. - 7. Interaction of the Carcinogen N-4-(4'-fluorobiphenyl)acetamide (4'F-4 BAA) with DNA in Liver and Kidney of the Rat, by E. KRIEK and T. M. HEGEVELD. - 8. *In vitro* Modification of Chromatin, by G. METZGER. - 9. Enzymatic Mechanisms Capable of Repairing Damaged DNA, by L. GROSSMAN. - 10. *In vitro* Repair of DNA Treated with Chemical Carcinogens, by J. LAVAL. - 11. The Possible Roles of DNA Repair in Mammalian Cells, by H. F. STICH, R. H. C. SAN, P. LAM, J. KOROPATNICK and L. LO. - 12. Correlation entre l'induction de lésions réparables des acides nucléiques de fibroblastes par des hydrocarbures polycycliques et leurs dérivés et la transformation qu'ils induisent, by A. GENTIL, C. LASNE and I. CHOUROULINKOV. - 13. DNA Repair and Mutagenesis, by E. M. WITKIN. - 14. An Error-free, Excision-dependent Mode of Post-replication Repair of DNA in *Escherichia coli*, by H. M. L. GREEN, B. A. BRIDGES, J. E. EYFJÖRD and W. J. MURIEL. - 15. DNA Repair, Mutation and Carcinogenesis, by J. J. ROBERTS. - 16. The Use of Microbial Mutagenicity Assays for the Detection of Chemical Carcinogens: a Critique, by H. BARTSCH. - 17. Lysogenic Induction and Induced Phase Reactivation by Aflatoxin B_1 Metabolites, by R. DEVORET, A. GOZE, Y. MOULÉ and A. SARASIN. - 18. Studies on the Use of Liver Parenchymal Cells in *in vitro* Carcinogenesis, by T. KUROKI, C. DREVON, L. SAINT-VINCENT, L. TOMATIS and R. MONTESANO. - 19. The Use of Yeast Cells in the Mutagenic Analysis of Chemical Carcinogens, by N. LOPRIENO. - 20. Essais de transformation chimique dans différents systèmes cellulaires provenant du Hamster, by P. MARKOVITS, D. PAPADOPOULO, S. LÉVY, S. NOCENTINI, L. CHAMAILLARD, O. BEESAU and M. HUBERT-HABART. - 21. Analysis of Experimental Evidence of the Relation between Mutagenesis and Carcinogenesis, by J. E. TROSKO, C. C. CHANG and T. GLOVER. - 22. DNA Repair in Cultured Mouse Cells Induced by UV Irradiation or Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; Influence of Caffeine, by F. ZAJDELA, H. YOSHIKURA and D. SZAFARZ. - 23. Relationship between Azodye Carcinogenicity and Induction of Repairable Damage of DNA in Rat Liver, by J. CHAUVEAU, F. DE-

CLOITRE, A. BENOIT and M. MARTIN. - 24. Métabolisme d'un hépatocancérogène naturel, le safrol. Etude chez le rat et dans des cultures de cellules hépatiques de rat, de l'action d'effecteurs sur plusieurs voies métaboliques et des formes de transport, by P. JANIAUD, M. DELAFORGE, P. LÉVI, B. F. MAUME and P. PADIEU. - 25. Concluding Remark, by J. E. TROSKO. - 26. Conclusion.

MORRIS, S. A. - PONTRYAGIN DUALITY AND THE STRUCTURE OF LOCALLY COMPACT ABELIAN GROUPS
Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 29
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIII + 128 pp., tables, £4.95

CONTENTS. - 1. Introduction to Topological Groups. - 2. Subgroups and Quotient Groups of R^n. - 3. Uniform Spaces and Dual Groups. - 4. Introduction to the Pontryagin-van Kampen Duality Theorem. - 5. Duality for Compact and Discrete Groups. - 6. The Duality Theorem and the Principal Structure Theorem. - 7. Consequences of the Duality Theorem. - 8. Locally Euclidean and NSS-groups. - 9. Non-abelian Groups.

NAGYLAKI, TH. - SELECTION IN ONE- AND TWO-LOCUS SYSTEMS
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 15
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VII + 208 pp., tables, DM 24,80

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Asexual Haploid Populations. - 3. Panmictic Populations. - 4. Selection at an Autosomal Locus. - 5. Nonrandom Mating. - 6. Migration and Selection. - 7. X-Linkage. - 8. Two Loci.

NASR, S. H. - SCIENZA E CIVILTÀ NELL'ISLAM
Series: Storia della scienza
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
316 pp., tables, L. 7.000

Questo libro, scritto da un autore che a un'origine islamica e a una fede profonda nei valori spirituali dell'islamismo unisce una formazione culturale occidentale, ci offre un'occasione quanto mai opportuna di accostarci alla scienza islamica vista nello stesso quadro di riferimento in cui gli Arabi operavano. Il volume è integrato da una piccola antologia di testi che consentono al lettore un contatto diretto con l'opera dei grandi scienziati e filosofi islamici.

NETTANCOURT, D. DE - INCOMPATIBILITY IN ANGIOSPERMS
Series: Monographs on Theoretical and Applied Genetics, Vol. 3
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIII + 230 pp., figs. and tables, DM 56,--

This book classifies and discusses the enormous amount of isolated data accu-

mulated on the physiology, biochemistry, ultrastructure, cytology, genetics and evolution of self-incompatibility and interspecific incompatibility in angiosperms. It outlays the probable evolution of self-incompatibility as a primitive out-breeding device and of interspecific incompatibility and self-compatibility as derived conditions. The various mechanisms of incompatibility known to operate in nature are presented in detail together with a critical examination of their importance for research in fundamental biology and in plant breeding. The numerous models and hypotheses elaborated to explain certain poorly understood features of incompatibility systems are reviewed. At the same time, and with special emphasis on the use of mutagens, chemicals and in vitro culture techniques, the author makes a detailed presentation of the arsenal of methods now available for by-passing incompatibility barriers and transforming the breeding behavior of higher plants.

NIXON, M. and MESSENGER, J. B. (eds.) - THE BIOLOGY OF CEPHALOPODS
Series: Symposia of the Zoological Society of London, Vol. 38
Academic Press, London, 1977
XVIII + 615 pp., figs. and tables, £21.00

The 38th Symposium of The Zoological Society of London was held in honour of Professor J. Z. Young, whose extensive work on the nervous system of cephalopods has achieved world-wide acclaim. The meeting brought together many of the leading researchers in the field of cephalopod biology, and the papers they presented, recorded in this volume, together comprise one of the most important and comprehensive works available on the biology of these highly organized molluscs.

NOVÁK, V., HROZINKA, F. and STARY, B. - ATLAS OF INSECTS HARMFUL TO FOREST TREES, Vol. 1
Elsevier, Amsterdam, 1976
125 pp., figs., $32.75

Volume I of this two-part work includes the most important forest insects of conifers and broad-leaved tree species in Europe. The authors prepared this book on the basis of living insect specimens. The originals of the excellent coloured plates illustrate the sexual dimorphism and colour variability of the imagines, as well as the larval developmental stages and characteristic gallery patterns of the larvae. In the case of large natural variability, the authors used specimens which appeared to represent the most common type in the field. Important variations have been indicated in the drawings; in all other cases variations are described in the text. It also includes a short section on the bio-economic aspects of harmful insects. For easier identification, the individual pests are listed according to host trees and within this framework the individual species are arranged according to entomological systemics. Polyphagous species are associated with their principal host, references to other host trees being made in the text. The atlas may be used as an aid to compare all stages of the development of the individual pests. It should be useful not only to students of forestry and to those working in the field of forest management, but also to students of biology and in particular entomology.

PANCALDI, G. - CHARLES DARWIN: « STORIA » ED « ECONOMIA » DELLA NATURA
La Nuova Italia, Firenze, 1977
VI + 212 pp., L. 4.000

CONTENTS. - Parte prima. 1. Tradizione trasformista e filosofia. Charles Darwin 1837-1838. - 2. La scoperta. L'« economia della natura ». - 3. La comunità scientifica. Dai *Notebooks* all'*Origin of Species*. - 4. La spiegazione. Spazio, tempo e storia della natura. - Parte seconda. 1. Darwin-Marx. Una « storia della tecnologia naturale ». - 2. Darwinismo ed evoluzionismo in Italia. 1860-1900.

PANKOVE, J. I. (ed.) - ELECTROLUMINESCENCE
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 17
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI + 212 pp., tables, DM 66,—

CONTENTS. - 1. Introduction, by J. I. PANKOVE. - 2. Group IV Materials (Mainly Sic), by Y. M. TAIROV and Y. A. VODAKOV. - 3. III-V Compound Semiconductors, by P. J. DEAN. - 4. Recent Advances in Injection Luminescence in II-VI Compounds, by Y. S. PARK and B. K. SHIN. - 5. Chalcopyrites, by S. WAGNER. - 6. Phosphor Films, by T. INOGUCHI and S. MITO.

PARRY, R. W., DIETZ, PH. M., TELLEFSEN, R. L. and STEINER, L. E. - CHIMICA
Fondamenti sperimentali
Zanichelli, Bologna, 1977
VI + 520 pp., figs. and tables, L. 7.800

CONTENTS. - 1. La base della chimica è l'osservazione. - 2. Il nostro modello si sviluppa: molecole, moli e pesi molecolari. - 3. La teoria atomica: uno dei migliori modelli scientifici di cui disponiamo. - 4. Ancora a proposito dei gas: la teoria cinetica. - 5. Liquidi e solidi: le fasi condensate della materia. - 6. Perchè crediamo negli atomi. - 7. La struttura dell'atomo. - 8. La struttura dell'atomo e la tavola periodica. - 9. Le variazioni di energia nei processi chimici e in quelli nucleari. - 10. Le velocità di reazione. - 11. L'equilibrio nei cambiamenti di fase e nelle reazioni chimiche. - 12. Equilibri di solubilità. - 13. L'equilibrio ionico: acidi e basi. - 14. Ossidazione e riduzione. - 15. Elementi galvanici chimici: elettrochimica. - 16. Radiazione elettromagnetica e struttura dell'atomo. - 17. L'architettura molecolare: le molecole allo stato gassoso. - 18. L'architettura molecolare: liquidi e solidi. - 19. La chimica del carbonio. - 20. Gli elementi di transizione: la quarta riga della tavola periodica. - 21. Alcuni aspetti della chimica biologica. - 22. La famiglia dell'azoto: amici o nemici?

PEDLEY, T. J. (ed.) - SCALE EFFECTS IN ANIMAL LOCOMOTION
Academic Press, London, 1977
XX + 545 pp., figs. and tables, £18.00

This book is currently the most comprehensive work available on the effects of animal size on locomotion. It is based on the proceedings of the highly successful International Symposium which was held at Cambridge University in Sep-

tember 1975. Many animals are considered, covering the entire size range present in the animal kingdom, and all types of locomotion are included: swimming, flying, walking, running and jumping. All factors involved in that locomotion are examined. Thus, where appropriate, the authors discuss metabolic rate, respiration, muscle power, skeletal strength, the dynamical forces exerted between an animal and its aquatic or aerial surroundings, and the solid dynamical response of that body or limb to the same propulsive forces. The study of the relationships between locomotory function and animal size is, by its nature, a truly interdisciplinary field, involving both mechanical science and biology. The contributors to the book have therefore been drawn from a wide variety of disciplines; biophysics, physiology and zoology on the one hand, and engineering and applied mathematics on the other.

PILLER, H. - MICROSCOPE PHOTOMETRY
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII + 253 pp., figs. and tables, DM 68,—

This book treats the whole field of photometric measuring of objects under the microscope, with details of apparatus and practical procedures based on discussion of the theory, gained from the author's long experience in applied optics. The past decade has brought great developments in instrumentation and methods for quantitative micro-scale study of matter in measuring and analysing characteristic optical properties. The manufacturers have met the challenge for research and material testing. This book comes opportunely to acquaint the reader with the characteristics of modern instrumentation and to guide workers, in theory and practice, in a wide application of microscope photometry.

CONTENTS. - 1. General Introduction. - 2. Ray Paths in the Microscope. - 3. Transfer of Light Energy in the Optical System. - 4. The Light Source and its Power Supply. - 5. Monochromatising Devices and Filters. - 6. The Basic Microscope Assembly. - 7. The Photometer System. - 8. Adjustment of Equipment. - 9. Procedures in Photometry with the Microscope. - 10. Special Techniques in Microscope Photometry. - 11. Special Adjustment for Photometry. - 12. Systematic Measuring Errors. - 13. Statistical Errors. - 14. Application of Microscope Photometry.

*** PROCEEDINGS OF THE ROYAL INSTITUTION OF GREAT BRITAIN, Vol. 49
Applied Science Publishers Ltd., London, 1976
VI + 337 pp., figs. and tables, $22.00

CONTENTS. - 1. Co-operation or Confrontation, by Sir M. SIEFF. - 2. Television, by Lord CLARK. - 3. Michael Faraday's Loss of Memory, by E. HARE. - 4. Soap Films: the Analogue Solution to Some Practical Problems, by C. ISENBERG. - 5. Catastrophe Theory, by E. C. ZEEMAN. - 6. Bringing Inorganic Chemistry to Life, by R. J. P. WILLIAMS. - 7. An African's Inner World, by T. A. LAMBO. - 8. Acoustics Regained, by E. A. ASH. - 9. Liquid Crystals: the Fourth State of Matter, by G. R. LUCKHURST. - 10. A Thousand Years of Musical Instruments, by M. and D. MUSKETT. - 11. Pulsars, by A. HEWISH. - 12. Electrochemistry Since Davy and Faraday, by M. ARCHER. - 13. Adventures in the Mineral Kingdom, by J. M. THOMAS. - 14. The

Nitrogen Problem, by J. CHATT. - 15. Scientific Method and Archaeology, by J. M. WHITTAKER. - 16. The Chromosome Mechanic at Work on Wheat, by R. RILEY. - 17. The Famous Greek 'Wholeness', by H. D. F. KITTO.

QUARANTA, M. and MAIORCA, B. - L'ARMA DELLA CRITICA DI LUDOVICO GEYMONAT
Garzanti, Milano, 1977
174 pp., L. 4.500

Si tratta di una bibliografia completa degli scritti di uno dei protagonisti della cultura italiana. L'esame dei lavori di *Ludovico Geymonat* viene condotto, dagli autori del volume, contestualmente ai dibattiti più importanti che sono avvenuti nella cultura della sinistra italiana in quest'ultimo trentennio, e in cui *Geymonat* ha espresso una linea culturale spesso minoritaria. Nella seconda parte del libro si trova la bibliografia completa degli scritti di e su *Ludovico Geymonat* e accurati indici degli autori e delle riviste: esso costituisce uno strumento di indubbia utilità per chi intenda conoscere in modo preciso ed esauriente la sua attività politico-culturale.

RÅNBY, B. and RABEK, J. F. - ESR SPECTROSCOPY IN POLYMER RESEARCH
Series: Polymers/Properties and Applications, Vol. 1
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIV + 410 pp., tables, DM 112,—

CONTENTS. - 1. Generation of Free Radicals. - 2. Principles of ESR Spectroscopy. - 3. Experimental Instrumentation of Electron Spin Resonance. - 4. ESR Study of Polymerization Processes. - 5. ESR Study of Degradation Processes in Polymers. - 6. ESR Study of Polymers in Reactive Gases. - 7. ESR Studies of the Oxidation of Polymers. - 8. ESR Studies of Molecular Fracture in Polymers. - 9. ESR Studies of Graft Copolymerization. - 10. ESR Studies of Crosslinking. - 11. Application of Stable Free Radicals in Polymer Research. - 12. ESR Spectroscopy of Stable Polymer Radicals and their Low Molecular Analogues. - 13. ESR Study of the Ion-Exchange Resins.

RANKIN, R. A. - MODULAR FORMS AND FUNCTIONS
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XIII + 384 pp., tables, £16.50

This book provides an introduction to the theory of elliptic modular functions and forms, a subject of increasing interest because of its connexions with the theory of elliptic curves. Modular forms are generalizations of functions like theta functions. They can be expressed as Fourier series, and the Fourier coefficients frequently possess multiplicative properties which lead to a correspondence between modular forms and Dirichlet series having Euler products. The Fourier coefficients also arise in certain representational problems in the theory of numbers, for example in the study of the number of ways in which a positive integer may be expressed as a sum of a given number of squares. The treatment of the theory presented here is fuller than is customary in a textbook on automorphic or modular

forms, since it is not confined solely to modular forms of integral weight (dimension). It will be of interest to professional mathematicians as well as senior undergraduate and graduate students in pure mathematics.

CONTENTS. - 1. Groups of Matrices and Bilinear Mappings. - 2. Mapping Properties. - 3. Automorphic Factors and Multiplier Systems. - 4. General Properties of Modular Forms. - 5. Construction of Modular Forms. - 6. Functions belonging to the Full Modular Group. - 7. Groups of Level 2 and Sums of Squares. - 8. Modular Forms of Level N. - 9. Hecke Operators and Congruence Groups. - 10. Applications.

RICCIARDI, L. M. - DIFFUSION PROCESSES AND RELATED TOPICS IN BIOLOGY
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 14
Springer-Verlag, Berlin, 1977
v + 200 pp., tables, DM 24,80

CONTENTS. - I. Preliminaries. - II. Diffusion Processes. - III. The First Passage Time Problem. - IV. Discrete Models.

RINDLER, W. - ESSENTIAL RELATIVITY
Special, General, and Cosmological
Series: Texts and Monographs in Physics
Springer-Verlag, Berlin, 1977 (2nd Ed.)
xv + 284 pp., tables, DM 67,70

CONTENTS. - 1. The Rise and Fall of Absolute Space. - 2. Einsteinian Kinematics. - 3. Einsteinian Optics. - 4. Spacetime and Four-vectors. - 5. Relativistic Particle Mechanics. - 6. Relativity and Electrodynamics. - 7. Basic Ideas of General Relativity. - 8. Formal Development of General Relativity. - 9. Cosmology.

*** ROME ET NOUS
Manuel d'initiation à la littérature et à la civilisation latines
A. & J. Picard, Paris, 1977
331 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - 1. L'Antiquité. Notions et réalités. Rome et les premiers temps antiques, by R. GRIMAL. - 2. Rome et Carthage, by A. HUS. - 3. Rome et la Grèce au IIe siècle av. J.-C. Politique et culture, by P. GRIMAL. - 4. La République romaine de Caton à Sylla: la vie politique et les institutions, by J. HELLEGOUARC'H. - 5. La poésie à la fin de la République, by P. GRIMAL. - 6. L'humanisme cicéronien et la fin de la République, by A. MICHEL. - 7. César et la Gaule: L'impérialisme romain, by M. RAMBAUD. - 8. L'histoire à Rome. Salluste. Le principat et Tite-Live, by P. JAL. - 9. Le temps d'Auguste. Maturité politique de Rome, by P. GRIMAL. - 10. Les élégiaques et Stace, by J. CHOMARAT. - 11. Le luxe, l'élégance et la sagesse. Les écrivains de la société néronienne, by A. MICHEL. - 12. De Vespasien à Hadrien. Tacite et la fin du classicisme latin, by A. MICHEL. - 13. De l'Architecture au Droit. Rome

en face des sciences et des arts, by A. MICHEL. - 14. La religion romaine, by J. BEAUJEU. - 15. De la christianisation de Rome à l'âge d'or des Pères de l'Église, by A. MANDOUZE. - 16. Latinité tardive et médiévale. Mutations et renaissance du Ve au XIIe siècle, by J. FONTAINE. - 17. Pour une approche de l'histoire de l'art romain, by J.-P. NÉRAUDAU. - Conclusion: Latin et culture, de la Renaissance à nos jours, les problèmes de la modernité, by A. MICHEL.

ROSE, A. H. (ed.) - ALCOHOLIC BEVERAGES
Series: Economic Microbiology, Vol. 1
Academic Press, London, 1977
XIV + 760 pp., figs. and tables, £25.00

Amongst the many applications of microbiology in industry, the production of both distilled and non-distilled beverages is one of the most important and holds a significant place in the economy of many countries. To keep pace with a growing demand, technology is constantly improving and varying the production process: this book reflects the high level of development achieved. It describes the microbiological and biochemical bases of world-wide production of wines, beers, cider and spirits, and explores the way in which the various species of Saccharomyces - the one genus among the many genera of yeasts capable of highly efficient alcoholic fermentation of sugars-act upon fruit, cereal or vegetable extracts to produce very different flavours and aromas. As a reference work, this volume will be of interest not only to the beverage industries but to microbiologists and biochemists from undergraduate level upwards in many related fields, including the food sciences.

ROUX, C. - L'EREDITARIETÀ
Series: Serie di psicologia, Vol. 36
Armando Armando Editore, Roma, 1977
103 pp., tables, L. 2.500

CONTENTS. - 1. Basi dell'ereditarietà: i cromosomi. - 2. Struttura e ruolo dei cromosomi. - 3. Trasmissione dei caratteri ereditari. - 4. Le aberrazioni cromosomiche. - 5. Malattie geniche e mutazioni. - 6. Considerazioni pratiche. - Appendici.

RUCKEBUSCH, Y. - PHYSIOLOGIE, PHARMACOLOGIE, THÉRAPEUTIQUE ANIMALES
Maloine S. A. Editeur, Paris, 1977
XII + 424 pp., tables, Fr. 160

Cet ouvrage répond à un triple objectif: Fournir les éléments de base nécessaires à l'expérimentation animale, qu'il s'agisse des animaux de laboratoire au sens classique du terme ou des animaux domestiques (mammifères). - Rassembler les données essentielles de la physiologie expérimentale et comparée. - Envisager les principaux groupes pharmacologiques de médicaments et incidemment leur usage thérapeutique.

CONTENTS. - I. Expérimentation animale. - II. Physiologie. - III. Pharmacologie. - IV. Memento thérapeutique.

RUPP, B. - ETUDES AFRICAINES - THESAURUS
Vocabulaire des études africaines: ébauche d'une liste de descripteurs
Series: Bulletin d'information et de liaison, Vol. 8, n. 1-2
Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 1976
IX + 268 pp., No price stated

Cet essai d'un *Vocabulaire des études africaines* ne se veut pas une construction abstraite plus ou moins arbitraire, mais un simple constat, établi tout au long d'une démarche strictement (et volontairement) empirique. Tout reproche formulé envers ce vocabulaire pour établir son « vide théorique », confirmerait la réussite d'une intention - celle de ne pas faire prévaloir telle out telle autre théorie rencontrée dans les études si diverses consacrée à l'Afrique, mais de les traiter sur un pied d'égalité, sans parti pris.

RUSSETT, C. E. - DARWIN IN AMERICA
The Intellectual Response 1865-1912
Freeman and Co., San Francisco, 1976
IX + 228 pp., figs., $4.95

Darwin in America surveys the impact of Darwinism on several intellectual disciplines, concentrating on religion, philosophy, and social thought. Cynthia Russett has produced a sophisticated yet highly readable account of a major event in American intellectual history. It is important supplementary reading for many courses in American history, American studies, religion, and the history of science.

SANDERS, J. E., ANDERSON, A. H. JR. and CAROLA, R. - PHYSICAL GEOLOGY
Harper and Row Ltd. Publishers, London, 1976
XVI + 584 pp., figs. and tables, £11.95

The object of a college course in physical geology should be to enable the students to acquire an appreciation of science by showing them how to look at the world through new eyes, the eyes of a geologist. In this way, students inevitably gain a greater understanding and appreciation of how the remarkable Planet Earth works. In this book the authors tried to make physical geology as understandable and enjoyable to the student as possible. They have included the most up-to-date information wherever feasible (in Chapter 13 for example, Earthquakes and Seismology), but have also organized the chapters and sections in a rather traditional fashion, one section and chapter logically leading to the next. The Introduction has been designed to give the student a comprehensive view of geology, but like the rest of the book, is nontechnical and related to human interests.

CONTENTS. - Introduction: The Study of Geology. - 1. Riders on the Earth together. - 2. Matter, Energy, and Minerals. - 3. Igneous Activity and Volcanoes. - 4. Igneous Rocks. - 5. Weathering and Soils. - 6. Sedimentary Rocks and Metamorphic Rocks. - 7. Stability and Slopes. - 8. Running Water as a Geological Agent. - 9. Groundwater. - 10. Glaciers and Glaciation. - 11. Deserts and the Wind. - 12. Oceans and Shorelines. - 13. Earthquakes and Seismology. - 14. Plate Tectonics and the Interior of the Earth. - 15. Mountains, Crustal Deformation, and Recycling of Continents. - 16. The Earth's Resources. - Appendices.

SAVAGEAU, M. A. - BIOCHEMICAL SYSTEMS ANALYSIS
A Study of Function and Design in Molecular Biology
Addison-Wesley Publishing Co., Reading (Mass.), 1976
XVII + 379 pp., tables, $16.50

CONTENTS. - Foreword, by R. ROSEN. - I. Characterization of Molecular Mechanisms. 1. Introduction. - 2. Mathematical Description of Chemical Change. - 3. Enzyme-Catalyzed Reactions. - 4. Modification of Enzyme Activity. - II. Integration and Systems Analysis. 5. General Nature of Biochemical Systems. - 6. Linear Systems Analysis. - 7. Nonlinear Systems Analysis. - 8. Dynamic Solutions by Computer. - III. Biochemical and Genetic Applications. 9. Simple Feedback Inhibition. - 10. Optimal Properties of End-Product Inhibition. - 11. Dynamic Properties of End-Product Inhibition. - 12. Feedback Inhibition in Branched Pathways. - 13. Cascaded Enzymatic Mechanisms. - 14. Mechanisms of Gene Action. - 15. Genetic Regulation: Inducible Systems. - 16. Genetic Regulation: Repressible Systems.

SCARZANELLA, E. and SECHI, S. (eds.) - SOCIETÀ FEUDALE E IMPERIALISMO IN AMERICA LATINA: IL « CASO » DEL CILE
Series: Letture Storiche, Vol. 16
Zanichelli, Bologna, 1977
IV + 324 pp., tables, L. 2.500

Questo libro è il primo tentativo di fornire al lettore italiano una conoscenza complessiva, ma sufficiente, dell'America Latina dalla Conquista spagnola del Cinquecento ad oggi attraverso il « caso cileno ». Il volume si chiude con l'esame dell'esperienza di Unidad Popular (di cui riporta il programma), delle trame sediziose dell'ITT, della politica agraria (Kay), della partecipazione delle masse e delle difficoltà del processo (Zimbalist Stallings). La situazione successiva al golpe militare di Pinochet è affidata a Rieben per l'analisi del blocco economico e sociale e un documento unitario della Resistenza. Il volume è arricchito da un'introduzione generale di ampio respiro storico, da una cronologia del Cile dalle origini ad oggi e da una ricca bibliografia sulla storia cilena che consente ai lettori e ai docenti ulteriori approfondimenti.

SCHERER, E. (ed.) - STRAHLENTHERAPIE
Radiologische Onkologie
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XXIV + 800 pp., figs. and tables, DM 160,—

Umfassender Ueberblick über den heutigen Stand der Strahlentherapie vor allem bei bösartigen Tumoren. Die physikalischen und strahlenbiologischen Grundlagen sowie die Methodik einer optimalen Bestrahlungsplanung werden neben der breiten. Darstellung der strahlentherapeutischen Möglichkeiten und der interdisziplinären Krebstherapie besonders berücksichtigt. Das Buch will eine wesentliche Grundlage für jeden strahlentherapeutisch tätigen und an Tumorfrägen interessierten Arzt sein.

CONTENTS. - I. Physikalisch-methodische Grundlagen, by J. RASSOW. - II. Die

Klinischen Applikationsverfahren zue Erzielung einer geeigneten räumlichen Dosisverteilung, by H. KUTTIG. - III. Die klinischen Applikationsformen mit umschlossenen und offenen Nucliden (einschl. Strahlenschutz), by M. BUSCH and M. W. STRÖTGES. - IV. Bestrahlungsplanung, by H. SACK and H.-K. LEETZ. - V. Biologische Grundlagen der Strahlentherapie, by C. STREFFER. - VI. Operation, Bestrahlung, Chemotherapie und Organisationsfragen, by E. SCHERER. - VII. Tumorausbreitung, by H. SACK. - VIII. Dokumentation, by H. KAUFMANN. - IX. Die Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen, by F. HESS. - X. Spezielle Strahlentherapie der malignen Tumoren. - 1. Haut (einschliesslich Lippe und Analregion), by F. HESS. - 2. Tumoren im Kopfbereich. - 3. Tumoren im Halsbereich. - 4. Tumoren der Thoraxorgane. - 5. Tumoren der Verdauungsorgane, by E. SCHERER and K.-H. RENNER. - 6. Tumoren der männlichen Genitalorgane, by H. D. FRANKE. - 7. Weibliche Genitalorgane, by F. GAUWERKY. - 8. Weibliche und männliche Mamma, by H. SACK. - 9. Harnorgane, by E. SCHNEPPER and E. SCHERER. - 10. Sarkome der Bewegungsund Stützorgane, by W. HELLRIEGEL and P. WÖLLGENS. - 11. Nervensystem, by E. SCHNEPPER. - XI. Maligne Systemerkrankungen, by K. MUSSHOFF and J. SLANINA. - 12. Sachverzeichnis.

SCHNAKENBERG, J. - THERMODYNAMIC NETWORK ANALYSIS OF BIOLOGICAL SYSTEMS
Series: Universitext
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII + 143 pp., tables, DM 38,—

This book is devoted to the question: What fundamental ideas and concepts can physics contribute to the analysis of complex systems like those in biology and ecology? The book originated from two lectures the author gave during the winter term 1974-75 and the summer term 1976 at the Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule in Aachen.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Models. - 3. Thermodynamics. - 4. Networks. - 5. Networks for Transport Across Membranes. - 6. Feedback Networks. - 7. Stability.

SÉGUY, B. and MARTIN, N. - MANUEL DE GYNÉCOLOGIE PRATIQUE
Maloine S. A. Editeur, Paris, 1977
505 pp., figs. and tables, Fr. 140

Ce livre est un manuel, pratique et didactique, qui s'adresse essentiellement aux praticiens non spécialisés en gynécologie et surtout les Omnipraticiens qui se voient confrontés quotidiennement à des problèmes de gynécologie et aux étudiants qui effectuent un stage dans un service de Gynécologie-Obstétrique. Cet ouvrage ne s'adresse pas à des spécialistes. Les auteurs ont volontairement réduit: les traditionnels chapitres anatomiques, en insistant cependant sur certaines particularités anatomiques ou physiologiques utiles à la compréhension d'une affection, d'un traitement ou d'une méthode chirurgicale; les commentaires histologiques; la description des techniques purement chirurgicales pour s'attarder davantage sur les indications opératoires et à la rigueur, le choix de l'intervention.

CONTENTS. - 1. Généralités. - 2. Physiologie et pathologie du cycle menstruel. - 3. Pathologie chromosomique. États intersexués. - 4. Pathologie de l'ovaire. - 5.

L'infection en gynécologie. - 6. Pathologie de l'utérus. - 7. Pathologie des trompes. - 8. Pathologie de la vulve et du vagin. - 9. Malformations congénitales. - 10. La stérilité conjugale. - 11. La puberté. - 12. La ménopause. - 13. Sénologie. - 14. Contraception.

SEMENZA, G. and CARAFOLI, E. (eds.) - BIOCHEMISTRY OF MEMBRANE TRANSPORT
FEBS - Symposium No. 42
Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIX + 669 pp., figs. and tables, DM 97,—

This book contains 47 articles, dealing with various aspects of the topic *Biochemistry of Membrane Transport*. The area covered spans the molecular architecture of biological membranes and the interaction of membrane lipids and proteins, the chemistry of ionophoric molecules and various theoretical aspects of transport processes, with a detailed discussion of the properties of several natural and reconstituted transport processes. Distinctive for the book is its interdisciplinary character, a quality frequently found in membrane transport research. A further characteristic is the balance between established knowledge, offered in some review-type articles and the numerous contributions presenting the most recent advances in the field.

SHAPIRO, S. L. (ed.) - ULTRASHORT LIGHT PULSES
Picosecond Techniques and Applications
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 18
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI + 389 pp., figs. and tables, DM 97,—

CONTENTS. - 1. Introduction. A Historical Overview, by S. L. SHAPIRO. - 2. Methods of Generation, by D. J. BRADLEY. - 3. Techniques for Measurement, by E. P. IPPEN and C. V. SHANK. - 4. Picosecond Nonlinear Optics, by D. H. AUSTON. - 5. Picosecond Interactions in Liquids and Solids, by D. VON DER LINDE. - 6. Picosecond Relaxation Processes in Chemistry, by K. B. EISENTHAL. - 7. Picosecond Relaxation Measurements in Biology, by A. J. CAMPILLO and S. L. SHAPIRO.

SHEN, Y.-R. (ed.) - NONLINEAR INFRARED GENERATION
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 16
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI + 279 pp., tables, DM 88,—

CONTENTS. - 1. Introduction, by Y.-R. SHEN. - 2. Optical Mixing of CO_2 Lasers in the Far-Infrared, by R. L. AGGARWAL and B. LAX. - 3. Parametric Oscillation and Mixing, by R. L. BYER and R. L. HERBST. - 4. Difference Frequency Mixing in Spin Nonlinearities in the Far-Infrared, by V. T. NGUYEN and T. J. BRIDGES. - 5. Optical Mixing in Atomic Vapors, by J. J. WYNNE and P. P. SOROKIN. - 6. Optical Pumping in Gases, by T. Y. CHANG.

*** SMP SCHOOL MATHEMATICAL PROJECT, Vol. 4 and GUIDA PER GLI INSEGNANTI
Un progetto per l'insegnamento della matematica
Zanichelli, Bologna, 1977
XVI + 324 and VIII + 142 pp., figs. and tables, L. 5.200 and L. 2.800 respectively

CONTENTS. - 1. Matrici e trasformazioni. - 2. Risoluzione di equazioni e disequazioni. - 3. Trigonometria. - 4. Logaritmi. - 5. Isometrie. - 6. Pensare statisticamente. - 7. Reticolazioni. - 8. Ricerca di funzioni. - 9. Coordinate in tre dimensioni. - 10. Struttura di equazioni. - 11. Proporzione e tassi di variazione. - 12. Geometria dei vettori. - 13. Probabilità. - 14. Geometria: deduzioni dai dati. - 15. Calcoli.

*** SMP SCHOOL MATHEMATICAL PROJECT, Vol. 5 and GUIDA PER GLI INSEGNANTI
Un progetto per l'insegnamento della matematica
Zanichelli, Bologna, 1977
XXI + 358 and VI + 130 pp., figs. and tables, L. 4.500 and L. 2.500 respectively

CONTENTS. - 1. Aree e grafici. - 2. Vettori e trigonometria. - 3. La sfera. - 4. Funzioni quadratiche. - 5. Aritmetica pratica. - 6. Invarianti in geometria. - 7. Piante e alzate. - 8. Programmazione lineare. - 9. Struttura. - 10. Coordinate e grafici. - 11. Calcoli. - 12. Statistica e probabilità. - 13. Geometria. - 14. Matrici.

STENECK, N. (ed.) - SCIENZA E SOCIETÀ
Processo alla scienza: passato, presente, futuro
Episteme Editrice, Milano, 1977
391 pp., tables, L. 9.500

La scienza negli ultimi quattrocento anni, da Copernico alla ingegneria genetica, secondo un'opinione comunemente accettata, ha modificato il rapporto uomo-natura. Ne è derivata una crisi che deve essere risolta se la razza umana vuole avere un futuro. *Scienza e società* parte da questo concetto e si protende verso la ricerca di una più puntuale comprensione delle relazioni tra scienza e società nel futuro. Al dibattito partecipano filosofi, sociologi, scienziati, uniti nel tentativo di illuminare problemi di pressante e immediata rilevanza.

*** STORIA DELLA TECNICA
Vol. 3: A. MONDINI, Dal Seicento al Novecento
UTET, Torino, 1977
554 pp., figs., tables and plates, L. 24.000

CONTENTS. - I. Il Seicento. - II. La scienza nel Seicento. - III. Le armi. - IV. Gli armati. - V. Il dominio del mare. - VI. Ferro e carbone. - VII. La potenza del vapore. - VIII. Il Settecento. - IX. La rivoluzione industriale. - X. La macchina a vapore fa girare le ruote. - XI. Il secolo del vapore. - XII. Le conseguenze sociali della rivoluzione tecnica. - XIII. Il vapore conquista il mondo. - XIV. La nave a vapore. - XV. Armi ed armati. - XVI. Acciaio per tutti. - XVII. La nuova età del ferro. - XVIII. La scienza dalla Rivoluzione all'Ottocento. - XIX. La chimica. - XX. La fotografia. - XXI. L'elettricità. - XXII. Le telecomunicazioni. - XXIII. L'elettricità rivale del vapore. - XXIV. Le invenzioni che cambiarono la vita quotidiana. - XXV. La medicina.

STRACK, H. B. - ÜBUNGS-FRAGEN BIOLOGIE
Springer-Verlag, Berlin, 1977
v + 225 pp., DM 14,80

Studenten biologischer und verwandter Fachrichtungen wird ein buch in die Hand gegeben, das sich im Umfang der darin behandelten Fragen eng an dem Lehrbuch *Biologie*, Springer 1976, orientiert. Bei der Abfassung der Fragen (überwiegend als Multiple-Choice-Tests) waren die Autoren bestrebt, den Benutzem nicht nur eine Ueberprüfung ihres einschlägigen Examenswissens zu ermöglichen, sondem sie insbesondere auch zu einem gründlichen Durchdenken des Stoffes anzuregen.

STUART, C. - MANUALE DI RADIOLOGIA MEDICA
Radiodiagnostica e introduzione alla radiobiologia e alla radioterapia
Piccin Editore, Padova, 1975
XIV + 774 pp., figs., tables and plates, L. 20.000

CONTENTS. - I. Elementi di fisica dei raggi X. - II. Danni da radiazioni. - III. L'immagine radiologica e i mezzi di contrasto. - IV. Tecniche e metodiche radiologiche. - V. Scheletro. - VI. Articolazioni. - VII. Cranio. - VIII. Encefalo e midollo spinale. - IX. Apparato respiratorio: pleure e diaframmi. - X. Mediastino. - XI. Cuore e grossi vasi. - XII. Aorta, arterie periferiche, vene, linfatici. - XIII. Apparato digerente. - XIV. Fegato. - XV. Vie biliari. - XVI. Pancreas. - XVII. Milza. - XVIII. Surrene. - XIX. Apparato urinario. Reni e ureteri. - XX. Vescica, uretra, prostata, vescicole seminali e deferenti. - XXI. Utero, ovaie, gravidanza. - XXII. Parti molli e mammella. - XXIII. Introduzione alla radioterapia dei tumori maligni.

TAYLOR, R. H. - MAGNETIC IONS IN METALS
A Review of their Study by Electron Spin Resonance
Taylor and Francis Ltd., London, 1977
v + 118 pp., tables, £6.00

This monograph reviews the contribution made to our understanding of the behaviour of localized magnetic moments in metals by the techniques of electron spin resonance. Most of this work has been done in the last ten years. The main areas of application of the technique are discussed at a fairly simple theoretical level and its limitations are pointed out. Some suggestions are made in the final section, of areas in which electron spin resonance still has a part to play in adding to our understanding of magnetism in metals.

TERRANOVA, T. and GALEOTTI, T. (eds.) - SEMINARI BIOLOGICI DELLA FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA 1973-1974
Series: Scienze Mediche e Biologiche, Vol. 4
Vita e Pensiero, Pubblicazioni dell'Università Cattolica, Milano, 1976
VI + 281 pp., figs. and tables, L. 20.000

Sono raccolti in questo volume i testi dei Seminari biologici tenuti nella Facoltà di medicina dell'Università Cattolica nel corso dell'anno accademico 1973-1974. I Seminari, realizzati da ricercatori di varia provenienza, hanno avuto come og-

getto svariati campi della sperimentazione scientifica nell'ambito della ricerca medico-biologica. La presentazione di questi incontri culturali ad un pubblico più vasto intende rispondere al duplice scopo di fornire ai ricercatori e agli studiosi informazioni dirette sullo stato attuale di alcuni problemi biologici e di prospettare ai giovani la problematica tecnologica e teorica della ricerca scientifica nei suoi aspetti più moderni.

TEYLER, T. J. - INTRODUZIONE ALLA PSICOBIOLOGIA
Series: Serie di Psicologia, Vol. 1
Zanichelli, Bologna, 1977
XII + 116 pp., figs., L. 2.800

Il libro espone in maniera semplice e con un linguaggio per non specialisti le basi biologiche del comportamento umano. Il funzionamento cerebrale, il sonno e la veglia, la memoria e l'apprendimento, i meccanismi attraverso cui i mediatori biochimici permettono un comportamento normale o patologico, vengono presi in esame ed esposti con uno stile piacevole e con esempi chiari.

CONTENTS. - Introduzione: la biologia del cervello e il futuro dell'uomo. - 1. La vita è comportamento. - 2. Basi biologiche del comportamento. - 3. Cervello e comportamento.

*** THE PROJECT PHYSICS COURSE, 2 Vols.
Zanichelli, Bologna, 1977
XV + 191 + 144 and X + 110 pp., figs., tables and plates, L. 5.800 and L. 2.000 respectively

CONTENTS. - UNITÀ 4. Luce ed elettromagnetismo. 13. La luce. - 14. Campi elettrici e campi magnetici. - 15. Faraday: il periodo d'oro dell'elettricità. - 16. La radiazione elettromagnetica. - UNITÀ 5. I modelli dell'atomo. - 17. I fondamenti chimici della teoria atomica. - 18. Elettroni e quanti. - 19. Il modello atomico di Bohr-Rutherford. - 20. Cenni di fisica moderna. - UNITÀ 6. Il nucleo. - 21. La radioattività. - 22. Gli isotropi. - 23. L'esplorazione del nucleo. - 24. Energia nucleare e forze nucleari.

TRÄGER, L. - STEROIDHORMONE
Biosynthese, Stoffwechsel, Wirkung
Springer-Verlag, Berlin, 1977
IX + 349 pp., tables, DM 58,—

Die biochemischen und molekularbiologischen Eigenschaften und Wirkungen der Steroidhormone stehen im Mittelpunkt dieses Bandes. Gleichzeitig wird versucht, die aktuellen Entwicklungen der Steroidhormonforschung aufzuzeigen. Im einzelnen werden Biosynthese der Steroidhormone, Biosynthese der glandotropen Hormone deren Einfluss auf die Steroidhormonbildung, cyclische Nucleotide und Prostaglandine als Effektoren und Modulatoren der Hormonwirkung, Grundzüge des Steroidhormonstoffwechsels und die Steroidhormonwirkung abgehandelt. Die molekularbiologischen Wirkungsmechanismen werden jeweils nach einer kurzen Einführung zur Replikation, Transkription und Translation erläutert. Den Absch-

luss bildet eine Einführung in die Rolle der Steroidhormone bei Organdifferenzierungen und bei der Einstellung organspezifischer Enzymmuster.

CONTENTS. - 1. Vorwort. - 2. Einleitung. - 3. Struktur und Nomenklatur der Steroide. - 4. Die Biosynthese der Steroide. - 5. Die Regulation der Steroidhormon-Biosynthese. - 6. Die biologische Funktion der Steroidhormone. - 7. Der Abbau der Steroidhormone. - 8. Molekularbiologische Wirkung der Steroidhormone. - 9. Zelldifferenzierung durch Steroidhormone. - 10. Ausblick. - 11. Anhang. - 12. Sachverzeichnis.

UHDE, B. - ERSTE PHILOSOPHIE UND MENSCHLICHE UNFREIHEIT
Studien zur Geschichte der Ersten Philosophie
Von dem Anfängen bis Aristoteles, Vol. 1
Franz Steiner Verlag GmbH, Wiesbaden, 1976
IX + 122 pp., DM 38,—

CONTENTS. - I. Der Weg in die Freiheit des menschlichen Wissens. 1. Die Freiheit des Lernens. - 2. Die Freiheit des Gelernten. - 3. Das Wissen vom Ersten und die Meinung. - II. Die Freiheit der Menschen. 1. Der Einspruch gegen das Erste Wissen. - 2. Die innere Würde als Freiheit. - 3. Die Macht des Urteils. III. Die Herrschaft der Philosophie. 1. Die Frage nach dem Wissen. - 2. Die Herrschaft der Philosophie. - 3. Die Praxis der Philosophie. - IV. Die philosophische Behandlung der menschlichen Unfreiheit. 1. Die Erste Philosophie und die Tätigkeit. - 2. Die wissenschaftliche Behandlung der menschlichen Unfreiheit. - 3. Die philosophische Begründung der menschlichen Unfreiheit.

VAN DAMME, P. - STUDIES ON MECHANISMS OF DEPOSITION OF IMMUNE COMPLEXES IN EXPERIMENTAL GLOMERULONEPHRITIS
Arscia Uitgaven N. V., Brussel, 1977
153 pp., figs. and tables, FB 710,–

CONTENTS. - I. Experimental Models of Immune Complex Glomerulonephritis and their Assumed Human Counterparts. Review of the Literature on Pathogenesis and Immunopathology. - II. The Pathogenesis of Heterologous and Autologous Immune Complex Glomerulonephritis. - III. Mechanisms of Deposition of Immune Complexes in a Mesangiopathic Model. - IV. The Pathogenesis of Immune Complex Glomerulonephritis: A Hypothesis.

WARD, A. G. and COURTS, A. (eds.) - THE SCIENCE AND TECHNOLOGY OF GELATIN
Academic Press, London, 1977
XVI + 564 pp., tables, £18.00

CONTENTS. - 1. The Structure and Properties of Collagen, by G. BALIAN and J. H. BOWES. - 2. The Structure and Composition of Collagen Containing Tissues, by P. JOHNS. - 3. Chemical Constitution of Gelatin, by J. E. EASTOE and A. A. LEACH. - 4. The Physical Chemistry of Gelatin in Solution, by G. STAINSBY. - 5. Relationship between Collagen and Gelatin, by P. JOHNS and A. COURTS. - 6. The Gelatin Gel and the Sol-Gel Transformation, by G. STAINSBY. - 7. The Chemical Reactivity of

Gelatin, by R. C. CLARK and A. COURTS. - 8. The Physical Properties of Gelatin, by C. A. FINCH and A. JOBLING. - 9. Raw Materials, by R. HINTERWALDNER. - 10. Technology of Gelatin Manifacture, by R. HINTERWALDNER. - 11. Uses of Gelatin in Edible Products, by N. R. JONES. - 12. Uses of Collagen in Edible Products, by A. COURTS. - 13. Technical and Pharmaceutical Uses of Gelatine, by P. D. WOOD. - 14. Swelling. Adsorption and the Photographic Uses of Gelatin, by A. M. KRAGH. - 15. The Chemical Examination of Gelatins, by A. A. LEACH and J. E. EASTOE. - 16. Physical Tests for Gelatin and Gelatin Products, by F. W. WAINEWRIGHT.

WARREN, N. (ed.) - STUDIES IN CROSS-CULTURAL PSYCHOLOGY, Vol. 1
Academic Press, London, 1977
XVII + 212 pp., tables, £8.50

This book is the first in a series, *Studies in Cross-cultural Psychology*, which will contribute to the correction of this slanted view. The essays demonstrate the peculiar diversity and potential scope of cross-fertilization between anthropology, ethnology and psychology. In principle, cross-cultural psychology might address itself to problems anywhere within the psychological spectrum. In practice, however, certain areas of research lend themselves better to this approach than others, and accordingly the authors have each chosen important growth points, presenting either a report of a sustained research program, or a critical review examining and developing conceptual schemes and theories.

WEGLER, R. (ed.) - CHEMIE DER PFLANZENSCHUTZ- UND SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNGSMITTEL, Vol. 3
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIII + 322 pp., tables, DM 136,—

CONTENTS. - 1. Chemischer Pflanzenschutz in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, by F. BERAN. - 2. Oekonomisch-oekologische Wechselwirkungen, by H. H. CRAMER. - 3. Pflanzenschutz-Forschung der Industrie, by G. HAUG. - 4. The Importance of Chemicals in the Control of Tropical Diseases, by N. G. GRATZ. - 5. Arthropod-Borne Diseases of Animals in the Tropics, by M. ABDUSSALAM. - 6. Wollschutzmittel, by G. HÖLLER. - 7. Importance and Spread of Resistance to Insecticides, by G. ZOEBELEIN. - 8. Chemical Foundation of the Development of Resistance against Insecticides, by A. W. A. BROWN. - 9. Materialschutz und technische Konservierungsstoffe, by O. PAULI.

ZAVATTI, S. - IL MISTERIOSO POPOLO DEI GHIACCI
Longanesi & C., Milano, 1977
251 pp., figs. and tables, L. 1.500

L'autore presenta uno studio rigorosamente documentato frutto della sua diretta partecipazione alle spedizioni scientifiche nelle regioni polari. Il volume è corredato di illustrazioni relative alle manifestazioni artistiche e alle conoscenze tecniche degli « Inuit », un popolo che difende la propria identità e lotta per la sua sopravvivenza.

Copyright by SCIENTIA - All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of SCIENTIA.

SCIENTIA si pubblica 3 volte all'anno: Luglio, Ottobre, Dicembre. Ogni numero è di circa 400 pagine.
Gli articoli si pubblicano nella lingua dell'autore e nelle traduzioni integrali italiana e inglese.
Tutti gli abbonamenti partono da Gennaio e devono essere pre-pagati.
Abbonamento in Italia: 1 anno Lire 18.000 - Una copia Lire 8.500. Copia di saggio Lire 3.000.
Gli ordini possono essere effettuati attraverso la vostra libreria o direttamente
all'Amministrazione di Scientia o sul c/c postale N. 3-20176 Scientia - 20122 Milano

SCIENTIA is published three times a year: July, October, December. Each number containing about 400 pages. All articles published in the author's own language will have an English translation as well as an Italian one.
All subscriptions commence from January and must be pre-paid.
Subscriptions Europe: 1 year Lire 24.000 - Other countries: 1 year US $40.00
Single copy Lire 10.000 or US $14.00. Specimen copy Lire 3.500 or US $4.00
Please apply all orders through your Newsagent or directly to
Scientia - Via Guastalla, 9 - 20122 Milano, Italy

SCIENTIA pubblica soltanto articoli esplicitamente richiesti dalla Direzione.
SCIENTIA publishes only articles expressly commissioned by the Management.

Representatives abroad:

Austria - Gerold & Co., Graben 31, A-1011 Wien. – **Central America** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Far East** - Maruzen Company, Ltd. - P.O. Box 605, Tokyo Central. – **Germany** - H. Bouvier u. Co. - Am Hof 32, D 5300 Bonn – **Mexico** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Portugal** - Livraria Fernando Machado - Rua das Carmelitas 15, Oporto. – **Spain** - Libreria Editorial Augustinus - Gaztambide 75, Madrid 15. – **Switzerland** - Librairie Payot S.A. - Rue de Bourg 1, Lausanne. – **U.S.A.** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **U.S.S.R.** - Mezhdunarodnaja Kniga - Kusnetskij Most 18, Moscow G-200.

SCIENTIA

Fondata nel 1907

Editor NORA BONETTI

SCIENTIA

Annus LXXII
Volume N. 113
V - VI - VII - VIII - 1978

Direzione Scientifica
Scientific Editorial Board
PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

× Lo spazio e il tempo nella struttura della teoria fisica
MURAD D. AHUNDOV

L'articolo analizza i mutamenti della base empirica che si registrano nel passaggio da una teoria fondamentale all'altra. In particolare esso concentra l'attenzione sulle variazioni dello ' *status* ' dello spazio e del tempo nel passaggio dalla fisica classica a quella quantistica e sul valore che, alla luce delle acquisizioni di quest'ultima, può essere attribuito all'ipotesi della struttura macroscopica dello spazio e del tempo.
Si perviene a operare una distinzione tra l'idea del carattere macroscopico delle strutture empiriche delle teorie fisiche e quella della natura macroscopica dello spazio e del tempo. Questa distinzione consente di precisare che il fatto che lo spazio e il tempo abbiano un carattere macroscopico, non significa necessariamente che il mondo macroscopico abbia una struttura spazio-temporale. Lo sviluppo delle teorie fisiche non deve allora necessariamente mantenersi entro i limiti dello spazio e del tempo classici: si può seguire invece la via della costruzione di uno spazio-tempo non classico, la cui struttura viene ricavata a partire da elementi costitutivi specifici delle nuove teorie fisiche, in particolare di quella quantistica.

pagina 365

Scienza e senso comune
ALDO GARGANI

L'autore considera i rapporti tra scienza e senso comune nei termini di un ampio quadro storico che dal movimento della nuova scienza nel secolo XVII (Galilei, Descartes, Hobbes, Newton, ecc.), attraverso il riferimento alle dottrine di Hegel, Mach e G. E. Moore, perviene all'interpretazione del senso comune ad opera dell'analisi del linguaggio con particolare riferimento agli scritti dell'ultimo Wittgenstein.
La tesi dell'autore è che il senso comune non è l'espressione diretta e immediata di una struttura di tipo cognitivo connaturata agli uomini, bensì che esso è una costellazione di abiti concettuali tracciati e codificati dalle metodologie del sapere scientifico e filosofico. L'autore mette in evidenza come sotto il termine di 'senso comune' e di 'pensiero popolare' siano stati rappresentati non già i punti di vista dell'uomo comune, bensì le forme di un sapere refutato e rimosso da

Rivista SCIENTIA Editrice
Sede Legale, 20122 Milano
Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del
Tribunale di Milano col N. 338
Nora Bonetti - Direttore Responsabile
Printed in Italy
Arti Grafiche SO.PO.AL.

parte delle nuove teorie scientifiche, come avviene per esempio nel caso della teoria copernicana nei confronti dell'astronomia tolemaica. Quest'ultima non rispecchiava infatti i dati percettuali della coscienza comune, ma costituiva la 'grammatica' scientifica nei termini della quale venivano lette le percezioni dell'esperienza ordinaria. Il senso comune è stato allora dichiarato illusorio ed è stato penalizzato dagli scienziati e dai filosofi in concomitanza alla refutazione della dottrina astronomica tolemaica. Secondo l'autore, il senso comune è un repertorio di comportamenti concettuali e linguistici della condotta intellettuale definiti volta a volta dalle strategie della metodologia scientifica e filosofica.
La concezione tradizionale del senso comune quale sistema di certezze cognitive inesorabili è il relitto mitologico di un'età dell'oro della conoscenza acquisita senza lavoro e fatica, al di fuori dei processi costruttivi del sapere.

pagina 391

A Note on Fermi's Route to the Fermi-Dirac Statistics

LANFRANCO BELLONI

The origins of the Fermi statistics are traced back to Fermi's early interests in thermodynamics and statistical mechanics. Stern's thermodynamical and kinetical calculation of the entropy constant of a perfect gas was particularly influential. Dirac's different approach, based on the 'new' quantum mechanics, is briefly sketched.

pagina 421

× Esperimento e teoria nell'opera di Maxwell

Le misure per le unità assolute elettromagnetiche e la velocità della luce

SALVO D'AGOSTINO

Un'accurata lettura di alcuni lavori di Maxwell, sino ad ora poco considerati nella storiografia dello scienziato inglese, consente di individuare un nesso fra la sua attività sperimentale con la Committee on Standards of Electrical Resistance e le sue successive formulazioni della teoria elettromagnetica della luce. Si tratta principalmente della collocazione nella teoria del fattore di conversione fra unità elettrostatiche ed elettromagnetiche, già misurato da Wilhelm Weber nel 1855 nel diverso contesto dell'elettrodinamica dell'azione a distanza, a cui Maxwell attribuisce il significato di velocità della luce. La sua misura ripetuta da Maxwell nel 1868 nel quadro del programma di definizione delle unità dei sistemi assoluti elettrostatico ed elettromagnetico, rappresentò un punto di svolta fra due diverse formulazioni della teoria, principalmente un abbandono dei riferimenti all'ottica elastica ed una piena valorizzazione della prospettiva 'metrologica', ampiamente sviluppata nella grande opera *A Treatise on Electricity and Magnetism* del 1873.
Seguendo in dettaglio i procedimenti attraverso cui Maxwell affronta a più riprese la soluzione del difficile problema, così feconda di conseguenze per tutto lo sviluppo successivo della fisica, si ottiene una comprensione più approfondita dei metodi di ricerca di uno dei più affascinanti scienziati dell'ottocento.

pagina 453

Dreaming as Language and Cognition

DAVID FOULKES

Different approaches to understanding dream experience are considered. Attempts to derive properties of dream experience from physiological observations or bioenergetic models are conceptually inappropriate and most often also are empirically inaccurate at the experiential level. Dreams are cognitive or symbolic acts, and ultimately can only be 'explained' mentalistically. Freud provided a psychological method for the interpretation of particular dream images and for modeling the processes which more generally are required to explain dream experience. It is argued that this model of dream explanation is both conceptually appropriate and empirically feasible, and, in addition, that it shows considerable similarity to current models of language and symbolic behavior. Thus it now appears that an integration might be made of Freud's psychological model of dreaming and of contemporary models of waking speech- and thought-generation.

pagina 481

An Empirical Examination of Freud's Dream Theory

GERALD W. VOGEL

Freud's later systematic construction of his dream theory is considered in empirical terms. The theory is shown to consist of a series of related, testable hypotheses which he investigated empirically. This paper describes the constituent hypotheses and the kind of evidence he gave to support them. It then critically analyzes the empirical support for the constituent hypotheses. I conclude that Freud's evidence was anecdotal rather than systematic; that it was not controlled for sampling error and observer bias; and that there was no consideration of the reliability of his observations and the validity of his dream interpretative system. These conclusions imply that Freud's dream theory remains a series of untested hypotheses - hence, not confirmed nor refuted. Alternatively, modern empirical laboratory studies have ignored Freud's hypotheses and have failed — as he did not — to answer the central questions of dream psychology. Clearly, empirical laboratory studies of Freud's hypotheses are needed.

pagina 519

L'eurocomunismo, ovvero: "Il gioco delle parti"

Parte II: Dalla coesistenza pacifica alla dissoluzione dei blocchi - Il trionfo dell'eurocomunismo - L'eurocomunismo nella struttura attuale del sistema internazionale - Conclusione.

LUIGI BONANATE

In questa seconda parte si analizza in particolare la riflessione recente di alcuni partiti comunisti europei per quanto riguarda l'impatto che il successo pacifico delle vie nazionali al socialismo potrebbe avere sulla struttura del sistema internazionale. Secondo questi l'imperialismo non potrebbe opporre alcuna resistenza a tali mutamenti interni, anche in paesi alleati, in primo luogo perché non può più ricorrere al suo strumento naturale, la guerra, e poi perché l'eurocomunismo porterebbe al potere dei governi che, oltre a fondare la loro legittimità sull'adesione della larghissima maggioranza dell'elettorato, si proporrebbero di conservare una posizione ugualmente amichevole sia verso il mondo capitalistico sia verso quello socialista, in particolare grazie all'abolizione dei blocchi militari.
In conclusione, vengono indicati alcuni dubbi riguardanti la passività dell'imperialismo e la coerenza del progetto eurocomunistico.

pagina 561

Thomas Kuhn e il libro della natura

ENRICO BELLONE

pagina 675

INFORMAZIONI SULLA RICERCA
INFORMATION ON RESEARCH

Simulazione del trasporto e della diffusione di agenti inquinanti nell'area di Venezia

pagina 439

Attività dell' Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR

pagina 447

CRONACHE - REPORTS

On the Need for International Prizes for Scientists

STEFEN ZIEMSKI

pagina 591

ALESSANDRO VOLTA - ANNUS CL

Nota dell'Autore a
"Crolli, costruzioni e dizionari"
ENRICO BELLONE
pagina 601

Chaotic Behavior
in Deterministic Systems
GIULIO CASATI
pagina 603

Quantitative Techniques
in Economic Analysis:
A Biased View
GIORGIO P. SZEGÖ
pagina 617

Theoretical and
Experimental Aspects
of Thermonuclear Fusion
by Magnetic Confinement
ROBERTO POZZOLI and ELIO SINDONI
pagina 633

Recensioni
Book Reviews
pagina 689

Libri ricevuti
Books Received
pagina 707

Lo spazio e il tempo nella struttura della teoria fisica

MURAD D. AHUNDOV
USSR Academy of Science, Moskva

Lo studio dello '*status*' dello spazio e del tempo nella struttura della teoria fisica verrà da noi intrapreso direttamente a partire dall'analisi dei *Principi matematici della filosofia naturale* di Isaac Newton, opera che può essere definita il primo esempio di teoria fisica nel senso moderno del termine. I *Principi* costituiscono infatti la prima struttura ipotetico-deduttiva relativamente compiuta che si sia data in fisica: essi sono esposti in forma assiomatica ed è pertanto possibile fissare chiaramente dove e in che modo Newton pone lo spazio e il tempo.

Il fisico inglese inizia la costruzione del suo sistema con la definizione di concetti fisici basilari, quali la massa, la quantità di moto, l'inerzia e via di seguito. Dopo aver fornito queste definizioni egli introduce i concetti di spazio assoluto e relativo, di tempo e di moto, temi, questi, ai quali è dedicato lo « Scolio » che conclude la parte iniziale, dedicata alle « Definizioni ». La parte successiva tratta invece degli « Assiomi o leggi del movimento ».

I concetti di spazio e di tempo vengono pertanto introdotti da Newton a livello dei termini originari: la loro definizione e il loro contenuto fisico vengono precisati con l'aiuto degli assiomi, attraverso cioè le leggi del movimento. Essi, tuttavia, precedono gli assiomi non solo per il fatto che vengono definiti sulla base di questi ultimi, ma anche perché forniscono lo sfondo di realizzazione degli assiomi medesimi. Queste leggi del movimento della meccanica classica hanno infatti una loro legittimità in sistemi inerziali di riferimento, che sono per l'appunto definiti come sistemi che si muovono di moto inerziale rispetto allo spazio e al tempo assoluto.

In questo stadio viene chiarito lo statuto teorico originario dello spazio e del tempo assoluti come « recipiente senza pareti » e durata pura. Queste concezioni trovano la loro espressione in note formulazioni di Newton: « Il tempo assoluto, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente, e con altro nome è chiamato durata ».

« Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile »[1].

Lo spazio assoluto di Newton è l'analogo del vuoto di Democrito. Ciò è ovvio, dal momento che Newton non avrebbe potuto sviluppare la dottrina

atomistica senza riferirsi al principio fondamentale dell'esistenza di due principi: gli atomi e il vuoto. Rammentiamo che il vuoto di Democrito è privo dell'attributo dell'estensione e interviene come condizione necessaria e arena della dinamica degli atomi materiali. I problemi legati all'estensione e alla sua misurazione erano riferiti a un altro spazio, il quale era fondato sugli enti spaziali minimi di materia[2]. Il vuoto di Democrito costituisce così il fondamento della concezione sostanziale dello spazio: l'altra idea dello spazio, che fa riferimento agli enti spaziali minimi di materia, è invece la base di una delle varianti delle concezione del tipo 'attributivo', nella quale lo spazio figura invece come estensione degli oggetti materiali. Lo sviluppo più esauriente dell'idea dello spazio come estensione della materia è legato, com'è noto, alla dottrina cartesiana, che propone dello spazio una concezione di tipo estensionale. Un'altra variante della concezione attributiva venne invece sviluppata nella dottrina di Aristotele, che si basava sull'idea dello spazio come struttura delle relazioni degli oggetti materiali (concezione relazionale).

Anche in Newton lo spazio assoluto e il tempo assoluto fungono da arena della dinamica degli oggetti fisici. Ma, a differenza di quel che avviene nel caso di Democrito, il vuoto di Newton è legato a una dinamica ben elaborata e esattamente definita sotto il profilo matematico e riempita di significato fisico mediante le leggi del movimento, e sulla sua simmetria si fondano le leggi fondamentali di conservazione della meccanica.

L'idea di uno spazio assoluto si presenta sotto più di un aspetto contraddittoria, cosa su cui hanno attirato l'attenzione innumerevoli critici della concezione newtoniana, da Leibniz, a Berkeley, a Mach e via di seguito. Philipp Frank ritiene ad esempio che « sotto l'influenza dello spirito del diciottesimo secolo, la contaminazione di teologia e scienza incominciava ad essere considerata illegittima. Per quanto possa sembrare strano, con l'abbandono degli argomenti teologici la fisica di Newton perse in coerenza logica »[3]. A suo giudizio, cioè, prima che si realizzasse la necessaria 'purificazione' dalle contaminazioni teologiche, vale a dire finché lo spazio assoluto continuò a essere considerato come « *sensorium dei* », tutto era a posto e la fisica newtoniana rispondeva pienamente a tutte le esigenze di carattere logico. Lo stesso Frank, muovendosi sulla scia di Mach, tende poi ad accreditare l'idea secondo la quale lo spazio assoluto si trasforma in un suono privo di significati per il fatto che esso non è dotato di alcun valore operativo. Per sbarazzarsi di questo 'suono privo di significati' i sostenitori di tale punto di vista analizzano le due premesse seguenti: 1) la legge di inerzia ha un valore solo in riferimento allo spazio assoluto e 2) le stelle fisse permangono in quiete relativamente allo spazio assoluto. Da queste premesse viene tratta la conclusione che la legge di inerzia acquista una sua legittimità solo se si ammettono le stelle fisse. Di per sé il fatto di poter indicare il prototipo empirico dello spazio assoluto (o, per esprimerci in termini più corretti, un sistema inerziale di riferimento fissato in termini abbastanza precisi) è positivo: non è però chiaro perché da ciò venga desunta l'idea dell'eliminazione dello spazio assoluto dalla

meccanica classica e dalle sue leggi. Le stelle fisse ci forniscono un supporto pratico nelle nostre analisi empiriche, ma non possono adempiere alla funzione di struttura teorica: le leggi di conservazione fondamentali sono infatti una conseguenza della simmetria dello spazio assoluto, e non della presenza delle stelle fisse[4].

Questo complesso di problemi (empirico-teorico, osservabile-inosservabile) acquista un'importanza fondamentale nella fisica odierna. Per quel che concerne lo spazio assoluto, va ricordato come Einstein sottolineasse l'estrema coerenza di Newton nell'ammetterne l'esistenza: « Egli mostrò — scrive appunto Einstein — che le grandezze geometriche osservabili (distanze tra i punti materiali) e le loro misurazioni nel tempo nel senso fisico del termine non sono sufficienti a descrivere compiutamente il movimento. Di conseguenza, oltre alle masse e alle distanze, mutevoli nel tempo, tra di esse, esiste ancora qualcos'altro che determina gli eventi che si verificano: questo 'qualcos'altro' venne da lui inteso come relazione allo 'spazio assoluto' »[5]. Lo spazio e il tempo assoluti costituiscono pertanto la base teorica necessaria della meccanica classica.

L'ammissione del tempo assoluto nell'ambito della meccanica classica consente di postulare una simultaneità altrettanto assoluta e universale. Da fondamento del sincronismo assoluto potevano valere solo forze agenti a distanza; questa funzione di forza agente a distanza fu appunto assegnata alla gravità (legge di gravitazione universale). Questa specificità caratterizzava già la cinematica classica, nell'ambito della quale il concetto di tempo si basava sulla seguente ipotesi fondamentale: « Due eventi, simultanei per un osservatore legato a un determinato sistema di riferimento, appaiono simultanei in ugual misura ad ogni osservatore, legato a un qualunque sistema di riferimento che si muove rispetto al primo ». Dal punto di vista fisico una simile concordanza è realizzabile soltanto ipotizzando la presenza di segnali che si propagano con velocità infinita. L'azione a distanza non era dunque un frutto della dinamica di Newton, ma era contenuta implicitamente già nella cinematica, per cui anche se a Newton fosse riuscito di costruire una teoria della gravitazione valendosi del modello dell'etere (egli, infatti, ricorse malvolentieri all'azione a distanza e cercò effettivamente di elaborare modelli che chiamavano in causa l'etere) avrebbe ciò nondimeno dovuto andare alla ricerca di qualcosa in grado di sostituire l'azione a distanza oppure, precorrendo Lorentz, Poincaré ed Einstein, avrebbe dovuto cominciare a riformulare la meccanica secondo i principi relativistici. Lo statuto dell'azione a distanza non è infatti determinato dalla natura della gravitazione, ma dalla stessa concezione di tipo sostanzialistico dello spazio e del tempo quale sussiste nell'ambito della descrizione meccanica del mondo. L'azione a distanza istantanea, extraspaziale ed extratemporale, funge infatti da scheletro logico dello spazio e del tempo assoluti.

Come si è detto, Newton opera una distinzione tra spazio assoluto ed estensione degli oggetti materiali, che costituisce la proprietà fondamentale di questi ultimi e viene definita spazio relativo (concezione estensionale

dello spazio). È importante rilevare che lo spazio relativo funge da misura dello spazio assoluto e può essere presentato come l'insieme dei sistemi inerziali di riferimento concreti, che si trovano in moto relativo. Quanto al tempo relativo, esso « è una misura (esatta o inesatta) sensibile ed esterna della durata per mezzo del moto, che comunemente viene impiegata al posto del vero tempo: tali sono l'ora, il giorno, il mese, l'anno »[6]. Lo spazio e il tempo relativi sono accessibili ai nostri sensi. Spesso ci si imbatte nell'opinione, secondo la quale lo spazio e il tempo relativi di Newton altro non sono che lo spazio visivo individuale e il tempo psicologico soggettivo[7]. Questo punto di vista è stato sottoposto a una giusta critica da parte di A. Grünbaum, il quale ha mostrato con argomenti persuasivi che lo spazio e il tempo relativi sono di natura empirica e che, in particolare, « costituiscono lo spazio e il tempo ordinari, che vengono definiti dal sistema di relazioni tra oggetti e eventi materiali, e non hanno pertanto niente a che fare con lo spazio e il tempo individuale di un singolo esperimento isolato. Sotto questo aspetto, quindi, il discorso va riferito non tanto alla concezione estensionale dello spazio e del tempo, quanto a una variante relazionale della loro concezione attributiva. Accanto allo spazio e al tempo teorici, che vengono dati dalle leggi della meccanica e sono, secondo la terminologia usata dallo stesso Newton, di natura matematica, Newton introduce uno spazio e un tempo empirici, accessibili ai nostri organi di senso, che servono da misura delle strutture teoriche, vengono usati nella vita ordinaria e sono espressi nel linguaggio delle osservazioni. I processi della verificazione e dell'interpretazione empirica si svolgono entro l'ambito dello spazio e del tempo empirici (relativi).

Come abbiamo visto, nella meccanica newtoniana lo spazio e il tempo teorici e quelli empirici sono casi particolari delle strutture teoriche ed empiriche della teoria fisica e, sotto il profilo essenziale, coincidono. Newton, in particolare, sottolineava che « lo spazio assoluto e lo spazio relativo sono identici per grandezza e specie »[8]. Ciò è naturale, dal momento che entrambe le strutture si riferiscono a uno stesso mondo macroscopico, alla misurazione degli oggetti di quest'ultimo. Va certo rilevato che a livello della meccanica newtoniana noi non ci imbattiamo in quella identificazione del mondo della teoria e del mondo dell'empiria, postulata dagli empiristi più estremi, come ad esempio J. Stuart Mill: il legame tra questi due mondi (e, conseguentemente, tra le strutture teoriche e quelle empiriche) è però immediato ed essi vengono descritti valendosi dello stesso linguaggio spazio-temporale. Gli oggetti della teoria e gli oggetti della sua base empirica hanno pertanto una natura specificatamente ideale anche se a livelli diversi.
La teoria non descrive gli stessi fenomeni reali, bensì i loro analoghi idealizzati. Neppure gli oggetti empirici della teoria sono semplici percezioni sensoriali. Essi sono invece il risultato di un'elaborazione razionale dell'esperienza sensoriale. L'idea di enunciati protocollari indipendenti da

qualunque teoria, sviluppata dagli aderenti al 'Circolo di Vienna' negli anni Venti e Trenta, era già stata abbandonata da un pezzo dalla metodologia della ricerca scientifica. Gli oggetti empirici portano impressa in sé una determinata teoria: nonostante ciò, però, essi sono legati in modo più diretto e immediato alla realtà obiettiva, sono cioè 'dati a noi' in un senso ben determinato. Proprio questa è la ragione per la quale quando viene verificata l'adeguatezza di una teoria, i suoi costrutti teorici corrispondono ai dati empirici.

Se le grandezze fisiche non corrispondessero agli oggetti fisici reali la teoria perderebbe ogni tipo di aggancio con la realtà. Questa corrispondenza viene raggiunta tramite le procedure della misurazione, che costituiscono uno dei più importanti elementi strutturali della teoria fisica. Tali procedure erigono la lunghezza e la durata temporale al rango di grandezze originarie. R. Carnap, riferendosi alla misurazione degli intervalli di tempo e delle lunghezze, scrisse che queste due grandezze sono fondamentali in fisica. « Una volta che sia possibile misurarle, possono essere definite molte altre grandezze. Può essere impossibile definire esplicitamente queste altre grandezze, ma esse possono almeno essere introdotte mediante regole operative che fanno uso dei concetti di distanza nello spazio o nel tempo »[9]. Questa specificità della definizione delle grandezze fisiche ha indotto diversi autori a trarre conclusioni che si spingono molto avanti, secondo le quali, in particolare, la terminologia spazio-temporale sarebbe in grado di esprimere tutta la specificità dell'indagine fisica, per cui la conoscenza fisica potrebbe venire formulata integralmente nel linguaggio delle coordinate con l'ausilio di termini quali 'spazio', 'tempo', 'punto' e via di seguito. L'universalità, nel senso suddetto, e il carattere fondamentale dei concetti di lunghezza spaziale e di intervallo di tempo sono stati assolutizzati dal positivismo logico (R. Carnap, G. Hempel, B. Russell) e proprio ciò ha condotto questo indirizzo a imbattersi in tutta una serie di difficoltà, per superare le quali si è cercato di fare ricorso a assunzioni di tipo riduzionistico, quali le regole formulate da Carnap o l'enunciato di Ramsey. Non è nostro intento, qui, entrare in un'analisi dettagliata della specificità degli oggetti teorici 'inosservabili' o esaminare le asserzioni nomologiche, che non hanno un significato operazionale: ci limitiamo semplicemente a ricordare che la relazione tra questi elementi della teoria e la loro struttura empirica è alquanto eterogenea e che essi, in generale, possono anche non avere un'interpretazione spazio-temporale[10]. Noi vogliamo piuttosto approfondire un altro aspetto del problema, vale a dire quello concernente la 'scomposizione' dei concetti basilari, l'assunzione, da parte loro, di una molteplicità di significati la quale, in particolare, conduce alla negazione dell'idea di un'unica base empirica delle diverse teorie, all'ammissione che diverse teorie fisiche ci fanno penetrare in diverse strutture empiriche, per cui il linguaggio dell'osservazione in ciascun caso reca impresso il sigillo della corrispondente teoria (è interessante ricordare, a questo proposito, che già Einstein osservava come solo la teoria potesse stabilire che cosa è osservabile e che cosa non lo è).

A suo tempo B. Riemann sollevò il problema del carattere macroscopico dello spazio e del tempo euclidei, con i quali ha a che fare la fisica classica. La sua argomentazione si basava sul fatto che per stabilire la congruenza di intervalli non intersecantisi occorre basarsi sul concetto empirico di corpo rigido, il cui statuto è indeterminato nel micromondo e che perde di significato nell'infinitamente grande. Le procedure di tipo operativo nella fisica classica sono basate sull'uso di regoli rigidi e di orologi sincronizzati, che camminano con lo stesso ritmo indipendentemente dallo stato di movimento. Queste procedure di carattere operativo per lungo tempo sono state ritenute universali (finché predominarono una concezione assolutistica del meccanicismo e l'apriorismo kantiano). Nel XX secolo, tuttavia, queste concezioni sono state sottoposte a una decisiva revisione nell'ambito dello stesso mondo macroscopico in coincidenza con il passaggio alle velocità elevate, equivalenti a quella della luce.

Le procedure di tipo operativo, che avevano consentito la fisicalizzazione dello spazio euclideo nella fisica classica, risultarono inapplicabili in questo dominio. Proprio per questo Einstein intraprese la costruzione della sua teoria della relatività ristretta partendo dall'analisi della definizione di simultaneità e utilizzando una nuova procedura operativa, basata sull'impiego della segnalazione luminosa. Le sue successive considerazioni fecero riferimento al principio di relatività e a quello che asserisce il valore costante della velocità della luce. « Il fatto che la luce si propaghi con una velocità finita ben determinata — sottolinea L. I. Mandelstam — acquisì nella teoria della relatività un valore del tutto particolare, paragonabile, per quel che concerne lo studio del tempo, a quello che ebbe l'ammissione dell'esistenza dei corpi rigidi nello studio dello spazio »[11].

In seguito a questo sviluppo fu elaborata una nuova concezione dello spazio e del tempo, vale a dire quella relazionale. Questo ha indotto alcuni ad asserire che la comparsa della teoria della relatività in fisica ha provocato il mutamento delle concezioni dello spazio e del tempo: al posto della concezione sostanziale è subentrata la concezione relazionale. Questa idea non è del tutto corretta.

Nell'ambito della teoria della relatività, come in quello della meccanica classica, sono presenti due tipi di spazio e di tempo, che fanno riferimento, rispettivamente, alla concezione sostanziale e a quella attributiva (nel nostro caso, relazionale). Nella meccanica classica lo spazio e il tempo assoluti intervenivano in qualità di struttura teorica ed erano i rappresentanti della concezione sostanziale. Nella teoria della relatività questa funzione è invece ricoperta dall'unico spazio-tempo quadrimensionale. Einstein descrive questa situazione con sufficiente chiarezza: « Esattamente come dal punto di vista newtoniano risultava necessario introdurre i postulati '*tempus est absolutum, spatium est absolutum*', così dal punto di vista della teoria della relatività ristretta noi dobbiamo dichiarare che il '*continuum spatii et temporis est absolutum*', dove '*absolutum*' significa non soltanto 'reale dal punto di vista fisico', bensì anche 'indipen-

dente sotto il profilo delle sue proprietà fisiche, in grado di esercitare una azione fisica, ma di per sé non dipendente da condizioni fisiche'»[12]. Neanche la teoria della relatività generale liquida l'idea dello spazio assoluto, perché, come nota Grünbaum, per risolvere le sue equazioni differenziali non lineari è necessario fissare condizioni limite 'all'infinito' che svolgono lo stesso ruolo dello spazio assoluto di Newton[13].
Dall'altro lato, nella teoria della relatività ristretta fa chiaramente la sua comparsa anche la concezione relazionale dello spazio e del tempo.
Essa fu anzi la prima ad essere formulata nelle elaborazioni einsteiniane: lo spazio-tempo quadrimensionale fu infatti il frutto posteriore della ricostruzione logico-matematica della teoria, compiuta da H. Minkowski[14]. Nell'ambito di questa ricostruzione lo spazio e il tempo relazionale intervengono in qualità di struttura empirica della teoria.
In conformità a quanto è stato detto sinora, il passaggio dalla meccanica classica alla teoria della relatività ristretta può essere prospettato nel modo seguente: 1) a livello teorico si è verificato il passaggio dallo spazio e dal tempo assoluti e sostanziali allo spazio-tempo assoluto e sostanziale; 2) a livello empirico è invece avvenuto il passaggio dallo spazio e dal tempo estensionali (relativi) allo spazio e al tempo relazionali.
Questa situazione, contraddistinta dall'estensione e dalla generalizzazione delle strutture teoriche e empiriche, costituisce un tratto caratteristico dello sviluppo della fisica contemporanea. Ha pertanto perfettamente ragione I. A. Akcurin quando sottolinea che la costruzione di ogni nuova teoria fondamentale concernente un nuovo ambito della realtà è sempre legata a un nuovo modo di confronto operativo di un determinato spazio matematico astratto e dell'insieme degli eventi elementari, descritti da questa teoria[15].

A questo punto, però, sorge un problema molto importante. Il chiarimento dell'inapplicabilità dei concetti di corpo rigido e di orologi sincronizzati in assoluto nel mondo relativistico o dei concetti di corpo rigido e di raggio luminoso nel micromondo ha posto non soltanto la questione del mutamento delle procedure operative, utilizzate nello studio dei diversi mondi, ma anche quella della modificazione del significato degli stessi concetti basilari, in particolare di quello di lunghezza. Su questa non univocità ha concentrato la sua attenzione P. W. Bridgman, il quale considerava un concetto fisico come sinonimo di un determinato insieme di operazioni di misurazione sperimentali. In tal modo, di conseguenza, si verifica l'estensione di un concetto (ad esempio, la lunghezza) in una famiglia di concetti[16].
Alcuni di questi concetti di lunghezza risultano riducibili l'uno all'altro, ma ve ne sono però anche di 'incommensurabili' sotto il profilo operativo, come, ad esempio, il concetto di lunghezza ottica nelle indagini cosmiche e la lunghezza degli oggetti del micromondo.
Noi non ci soffermeremo sulle eccessive pretese di carattere operativo avanzate da Bridgman, il quale, per altro, con gli anni finì con l'am-

morbidire egli stesso le sue primitive posizioni, riconoscendo il valore e l'importanza delle operazioni di pensiero, di quelle compiute con carta e matita e di quelle verbali. L'infondatezza dell'assolutizzazione delle definizioni operative dei concetti fisici è a tutti nota. Il fatto della scomposizione operativa di un unico concetto merita comunque attenzione. In essa può trovare espressione il dualismo teorico-empirico nella definizione dei concetti fisici. Ci imbattiamo a questo proposito in alcuni procedimenti circolari; per un verso, cerchiamo di ridurre tutti i concetti fisici ai concetti empirici di lunghezza e di durata, e in questo senso lo spazio e il tempo appaiono come le strutture empiriche basilari della teoria fisica; per l'altro, ci viene spiegato che per definire i concetti di lunghezza nel micromondo o negli spazi cosmologici dobbiamo servirci di concetti, che includono non soltanto momenti teorici, ma addirittura intere teorie, come, ad esempio, la teoria dell'elettricità, le equazioni di Maxwell e via dicendo. Oltre a ciò, dobbiamo anche estrapolare queste equazioni ed applicarle a domini in riferimento ai quali la loro correttezza è problematica.

In tal modo, quando diciamo che teorie fisiche differenti hanno diverse basi empiriche occorre ancora tener presente che quei concetti, che per alcune teorie appaiono generali, a un'analisi più accurata possono risultare qualcosa di diverso. Questa situazione acquista un importante significato in relazione alla problematica della 'commensurabilità' delle teorie scientifiche. Così, ad esempio, M. Hesse, analizzando il significato della differenza di paradigmi di due teorie scientifiche, pone l'accento proprio sul mutamento di significato dei termini scientifici: *a*) il significato che il termine ha in una teoria non rimane identico in un'altra teoria; *b*) nessun asserto, in particolare di carattere empirico, contenente i predicati di una teoria, può confutare un asserto, che contiene i predicati di un'altra teoria; *c*) nessuna asserzione empirica, appartenente a una teoria, vale per la verifica di un'altra teoria. Ne consegue che non esiste alcun esperimento cruciale che possa consentirci di scegliere tra due teorie differenti[17].

Per quel che concerne la scomposizione, da noi analizzata, che un concetto subisce con il passaggio alle basi empiriche di differenti teorie, occorre tener presente che in questo caso il discorso si riferisce a concetti basilari, quali, ad esempio, quello di lunghezza. Nelle basi empiriche di diverse teorie fisiche fondamentali funzionano differenti concetti di lunghezza, che vengono fissati attraverso procedure operative differenti. Non si può escludere l'eventualità che l'ulteriore sviluppo della fisica ci costringa a operare una netta distinzione tra questi diversi concetti di lunghezza e a far uso (come è già successo in matematica)[18] di termini ben distinti, come ad esempio lunghezza, distanza, lontananza, vicinanza e via di seguito, con successiva subordinazione operativa e logica tra di essi.

La scomposizione operativa dei concetti spazio-temporali basilari non può non provocare modificazioni nella stessa struttura empirica della teoria fisica. Quest'ultima, ciò nonostante, continua a essere considerata un

ingrediente relativamente stabile della teoria, cosa che si spiega col fatto che in qualità di struttura empirica compare sempre la struttura del mondo macroscopico, che è anche il mondo della verifica e dell'interpretazione empirica ed è il mondo nel quale siamo collocati noi stessi, in qualità di sostanze macroscopiche.

A questo punto sorge però la seguente domanda: la struttura empirica della teoria fisica deve necessariamente intervenire sotto forma di spazio e di tempo della fisica classica? Nell'ambito della teoria della relatività, la quale rimane, come la meccanica classica, una teoria del mondo macroscopico, questa domanda riceve, in generale, una risposta positiva, anche se dobbiamo tener conto dell'ampliamento della concezione estensionale che acquista una dimensione relazionale. Più complessa è la situazione che si riscontra all'interno della meccanica quantistica che, com'è noto, è invece una teoria del micromondo: qui la domanda in questione, che ha attirato su di sé l'attenzione viva e costante dei fondatori della fisica quantistica, conserva tuttora grande attualità. E sono stati proprio i tentativi di trovare una risposta ad essa che hanno portato alla formulazione di principi fondamentali, quali quello di corrispondenza e quello di complementarità.

W. Heisenberg descrive la situazione che si è venuta a creare nella fisica del micromondo nel modo seguente: « L'interpretazione di Copenaghen della teoria dei quanta parte da un paradosso. Qualsiasi esperimento fisico, sia che si riferisca ai fenomeni della vita quotidiana o ad eventi atomici, deve essere descritto nei termini della fisica classica. I concetti della fisica classica formano il linguaggio per mezzo del quale descriviamo la preparazione dei nostri esperimenti e ne esprimiamo i risultati. Non possiamo né dobbiamo sostituire questi concetti con altri. Tuttavia l'applicazione di questi concetti risulta limitata dalle relazioni d'incertezza. Dobbiamo tener presente questa limitata area di applicabilità dei concetti classici mentre li applichiamo, ma non possiamo e non dovremmo sforzarci per migliorarli ... I concetti della fisica classica non sono altro che un raffinamento dei concetti della vita quotidiana e sono parte essenziale del linguaggio che forma la base di ogni scienza naturale. Nella scienza la nostra situazione effettiva è tale che noi *non possiamo* non far uso dei concetti classici per la descrizione degli esperimenti, ed il problema della teoria dei quanta è stato quello di trovare un'interpretazione teoretica degli esperimenti su tale base. Non serve a nulla discutere ciò che si potrebbe fare se noi fossimo esseri diversi da quello che siamo. Dobbiamo perciò metterci in testa, come ha detto von Weizsäcker, che 'la natura è prima dell'uomo, ma l'uomo è prima della scienza naturale'.

La prima parte dell'aforisma giustifica la fisica classica, con il suo ideale di completa oggettività. La seconda parte ci dice perché non possiamo sfuggire al paradosso della teoria dei quanta, cioè alla necessità di servirci dei concetti classici »[19]. Da questa situazione si può trarre la conclusione che lo spazio e il tempo della fisica classica costituiscono la strut-

tura empirica della meccanica quantistica. È la stessa conclusione che si può ricavare anche dal noto principio gnoseologico formulato da Bohr: « è essenziale rendersi conto che, per quanto i fenomeni possano trascendere le possibilità esplicative della fisica classica, l'esposizione di ogni esperimento va fatta in termini classici »[20].
Molti ricercatori (è il caso, ad esempio, di von Weizsäcker, di Jauch e di altri) sottolineano che le difficoltà fondamentali, sollevate dal principio di Bohr, sono legate proprio all'interpretazione del termine 'classico', 'fisica classica' ecc. Occorrerebbe in proposito una descrizione strutturale, e non soltanto storica, del significato di tale termine. Dal punto di vista matematico un sistema classico può essere definito come un sistema nel quale tutte le osservabili possono essere commutate l'una con l'altra. Questa risposta, tuttavia, non rappresenta una soluzione del problema, poiché dal punto di vista fisico sistemi di questo genere possono essere realizzati solo in senso approssimativo. Ci vogliono pertanto criteri supplementari di classicità[21].

Sulla base del principio di Bohr si può trarre la conclusione che i concetti classici di spazio e tempo hanno una universalità gnoseologica. Parlando in generale, però, questa conclusione non segue dal principio in questione, giacché quest'ultimo è indifferente al tipo di struttura ed esige soltanto che essa abbia un carattere classico, e non quantistico. Si può in tal modo sostenere che il principio di Bohr richiede che la struttura fisica della teoria sia necessariamente macroscopica, senza per questo esigere che essa si concreti nello spazio e nel tempo classici. La struttura empirica di qualsiasi teoria fisica che rimanga a livello macroscopico (basta a tale scopo ricordare la serie di diverse strutture del macromondo o, per esprimerci più esattamente, la serie di strutture di diversi macromondi, ottenuti da R. Penrose nella sua ricostruzione)[22] reca, peraltro, impresso in sé il sigillo della teoria medesima e non resta pertanto invariata: la verifica e l'interpretazione empirica della teoria si svolgono nel mondo geocentrico del macrosoggetto, congeniale alla stessa teoria.
Noi possiamo in tal modo presupporre che la struttura empirica non interviene sempre sotto forma di spazio e tempo della meccanica classica. Le teorie fisiche odierne sono piuttosto legate con lo spazio e il tempo relativistici. A. Z. Petrov ritiene che « oggi lo sperimentatore descriva ogni misurazione fisica entro il quadro della teoria della relatività ristretta »[23]. Esistono delle basi per affermare che il carattere della nostra percezione del mondo è, per la sua sostanza e le sue leggi generali, molto più vicino allo spirito della fisica relativistica, che non a quello della fisica classica. D. Bohm sottolinea ad esempio che « l'elevato grado di naturalezza che hanno per noi i concetti non relativistici in confronto a quelli relativistici è in gran parte la conseguenza della nostra comprensione limitata e non adeguata del campo di applicabilità dell'esperienza ordinaria, e non di una primordiale ineluttabilità del consueto modo di interpretare questo dominio di fenomeni »[24]. Per quel che riguarda lo sperimentatore di do-

mani, è del tutto possibile che egli si trovi a lavorare con la struttura topologica di una molteplicità di osservazioni e a tener conto della coomologia dello spazio-tempo, di cui parla R. H. Atkin, cercando di far un consuntivo della teoria quantistica e di tracciare le prospettive del suo sviluppo[25]. Nel passaggio da una teoria fisica fondamentale all'altra noi ci imbattiamo in sensibili mutamenti della base empirica, la quale funziona nel suo spazio e nel suo tempo specifici, nella struttura empirica specifica della teoria fisica. Il processo di formazione di una struttura empirica adeguata è molto lungo e spesso richiede speciali ricostruzioni della teoria. In questo senso è assai indicativa la situazione della teoria quantistica, la quale ha raggiunto un elevato livello di sviluppo nel formalismo dello spazio di Hilbert, senza che per questo la specificità e la caratteristica della sua base empirica sia stata chiarita in modo soddisfacente.

Essa, infatti, è stata presa a prestito dalla fisica classica o, nel migliore dei casi, della teoria della relatività ristretta. Molti ricercatori hanno pertanto finito col convincersi che la struttura spazio-temporale, corrispondente alla teoria quantistica, non sia stata per il momento ancora chiarita.

Questo problema attira l'interesse e l'attenzione di svariati ricercatori. Ja. Aaronov, ad esempio, sottolinea che noi per lo più guardiamo la teoria quantistica attraverso il prisma di un 'principio d'impossibilità', concentriamo cioè l'attenzione sulle limitazioni e le restrizioni che essa introduce nella fisica classica. È però necessario scoprire e portare alla luce il suo nuovo contenuto[26]. In particolare, si avverte l'esigenza di chiarire quali nuovi principi e orientamenti sperimentali, difformi o in contraddizione rispetto a quelli classici, la nuova teoria ci debba imporre. Sotto questo aspetto ci attendono probabilmente mutamenti sensibili nel linguaggio non formale della teoria quantistica: probabilmente saremo ad esempio costretti a rinunciare a concetti quali particella, campo e continuo, nella speranza di conseguire un completo accordo col linguaggio formale della teoria.

Nonostante la varietà delle strutture empiriche (varietà che è destinata a crescere con lo sviluppo della fisica, con la penetrazione della conoscenza in livelli sempre più profondi della struttura della materia) esse presentano qualcosa di comune, vale a dire il loro carattere macroscopico. Questo risultato non ha un rapporto diretto con la nota ipotesi della natura macroscopica dello spazio e del tempo, poiché questa ipotesi riguarda la struttura teorica delle teorie fisiche, e non quella empirica.

Il fatto è che interpretare la struttura teorica delle odierne teorie non classiche in termini di spazio e di tempo presenta notevoli difficoltà. Queste strutture teoriche, infatti, sono costituite da costrutti matematici molto complessi, come ad esempio lo spazio di Riemann delle teorie relativistiche, lo spazio hilbertiano della meccanica quantistica e via di seguito.

In una situazione di questo genere l'ipotesi della struttura macroscopica dello spazio e del tempo è come se svanisse nell'aria. In effetti nella meccanica classica, che descrive la dinamica degli oggetti del mondo macro-

scopico, la struttura teorica compare sotto forma di spazio e di tempo, mentre nella meccanica quantistica, la quale descrive la dinamica degli oggetti del micromondo, essa è già uno spazio di Hilbert. Ne consegue che lo spazio e il tempo sono le strutture macroscopiche delle relazioni[27]. Qui, tuttavia, occorre tener conto del fatto che se la fisica avesse seguito la strada di Poincaré lo spazio e il tempo euclidei sarebbero rimasti lo sfondo universale nel quale si sarebbero verificati fenomeni fisici e processi molto complessi. La semplicità (G) avrebbe comportato complicazioni rilevanti (F), la comparsa delle forze universali reichenbachiane e via di seguito. Lo sviluppo della fisica ha finito invece per seguire l'altra strada, indicata da Einstein: nel complesso $G + F$, che compone la teoria fisica, G non è prefissato, ma viene scelto in modo che F mantenga un sufficiente grado di semplicità. Su questa base sono stati sviluppati le interessanti concezioni (principi) di relatività della geometria, di complementarità della fisica e della geometria e via di seguito[28].
In che cosa consiste l'ipotesi della natura macroscopica dello spazio e del tempo? La struttura empirica è notoriamente macroscopica. Qui non vi è nulla di ipotetico. La struttura teorica nella descrizione del mondo macroscopico interviene sotto forma di spazio e di tempo (questo, ovviamente, non significa che è impossibile sviluppare la fisica classica in una altra struttura), mentre nello sviluppo delle teorie fisiche che descrivono altri livelli della struttura della materia questo sfondo, anche se può essere utilizzato, è accompagnato da un complicarsi della teoria che, di regola, spinge ad allontanarsi da esso e a respingerlo. Questa situazione, nella fattispecie, è anche la base dell'ipotesi della natura macroscopica dello spazio e del tempo[29].

È vero però che negli ultimi tempi si è concentrata l'attenzione su un'altra possibile strada: quella consistente nel tentativo di cristallizzare lo spazio-tempo servendosi di specifici elementi della teoria fisica non classica. Un simile spazio-tempo, ovviamente, corrisponderà alla sola teoria che ne ha occasionato l'elaborazione. Lo sviluppo tradizionale della meccanica quantistica ha seguito la via della quantizzazione della geometria.
Qui si tratta, in sostanza, non del passaggio a uno spazio-tempo quantizzato: il procedimento è consistito invece nel prendere la struttura geometrica (e, conseguentemente, anche dinamica) della fisica classica, struttura che, entro certi limiti, descriveva in modo del tutto corretto il mondo reale, e nel migliorarla attraverso la quantizzazione. C'è però anche una altra via, indicata da D. Finkelstein[30], la quale consiste non nella quantizzazione della geometria, bensì nella geometrizzazione dei quanti!
Il fatto è che nella teoria quantistica noi abbiamo a che fare con tutta una serie di grandezze e di concetti che hanno un carattere essenzialmente quantistico, non classico. Basta citare per tutti il caso di un parametro quale lo *spin* di una particella. Negli ultimi tempi sono stati intrapresi interessanti tentativi di sviluppare la teoria quantistica partendo soltanto da grandezze non classiche. Questo approccio ha consentito di

elaborare una teoria che, in conformità con la revisione della concezione del continuo, non utilizza i concetti di particella e di campo, poiché essi contengono in sé l'idea della localizzabilità potenziale dell'oggetto, il che è incompatibile con l'idea fondamentale della fisica quantistica, quella della totalità. In questo caso, inoltre, lo spazio e il tempo non vengono eliminati dalla teoria (come viene fatto, invece, dai sostenitori dell'ipotesi della loro natura macroscopica), ma vengono invece costruiti a partire da elementi costitutivi quantistici, non classici. Lo spazio-tempo costruito secondo questo procedimento ha diverse proprietà non banali, in particolare esso ha una struttura spinoriale[31]. Seguendo questa strada si cerca di elaborare una teoria quantistica più rigorosa, che non presenti discordanze di sorta tra il linguaggio formale e quello non formale.

Lo sviluppo della fisica quantistica ci ha in tal modo indicato tre vie di sviluppo delle teorie non classiche: 1) quella che si mantiene entro i limiti dello spazio e del tempo classici, indirizzo, questo, che è accompagnato da una innaturale complicazione della teoria e viene di regola seguito nelle fasi iniziali di costruzione della teoria medesima; 2) quella che si affida invece a spazi matematici astratti, come ad esempio quello di Hilbert, strada, questa, che dà l'accesso all'utilizzazione in fisica delle ricchissime riserve di strutture astratte messe a disposizione dalla matematica contemporanea; 3) infine quella diretta alla costruzione di uno spazio-tempo non classico, la cui struttura viene ricavata a partire da elementi costitutivi specifici non classici.

In conclusione vorrei ritornare un attimo all'ipotesi della natura macroscopica dello spazio e del tempo. A volte ci si imbatte in tentativi di assegnare a questa ipotesi uno statuto quasi filosofico. In questo senso occorre indebolirla: essa ha infatti in questo caso un carattere rigorosamente ed esclusivamente fisico, e non entra pertanto in contraddizione con la tesi filosofica dell'universalità dello spazio e del tempo. Nell'ambito della problematica fisica questa ipotesi può però anche essere rafforzata; se lo spazio e il tempo hanno carattere macroscopico, ciò non significa necessariamente che il mondo macroscopico abbia carattere spazio-temporale. Ad avere una natura di tal fatta potrebbe invece essere soltanto un particolare sottoinsieme del mondo macroscopico, che noi conosciamo e utilizziamo già da millenni e che dilatiamo fino a fargli assumere le dimensioni di dottrina generale dello spazio e del tempo. Questo processo potrebbe essere paragonato a quello mediante il quale, nell'antichità, dal Caos mitologico con l'ausilio del Logos è stato separato e distinto un sottoinsieme ordinato, il Cosmo.

M. D. A.

Traduzione dal russo: S. TAGLIAGAMBE - CAGLIARI

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Cfr. I. NEWTON, *Principi matematici della filosofia naturale*, a cura di ALBERTO PALA, UTET, Torino, 1965, p. 102.

2 Cfr. M. D. AHUNDOV, *K voprosu o matematiceskom atomizme Demokrita* (Sulla questione dell'atomismo matematico di Democrito), in *Filosofskie nauki* (Scienze filosofiche), 1970, n. 4.

3 Cfr. PH. FRANK, *La scienza moderna e la sua filosofia*, Il Mulino, Bologna, 1973, p. 245.

4 Occorre tener presente che lo spazio assoluto di Newton compare in differenti ipostasi: 1. Spazio teologico, come « *sensorium dei* »; 2. Spazio del quadro del mondo, come vuoto, come « recipiente senza pareti »; 3. Spazio di tipo teoretico, come sistema inerziale di riferimento.

5 Cfr. A. EINSTEIN, *Sobranie naucnuh trudov* (Raccolta delle opere), Vol. 4, Moskva, 1967, p. 85.

6 Cfr. I. NEWTON, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 102.

7 Cfr. F. S. C. NORTHORP, *The Meeting of East and West*, New York, 1946, pp. 76-77.

8 Cfr. I. NEWTON, *op. cit.*, p. 103.

9 Cfr. R. CARNAP, *I fondamenti filosofici della fisica*, Il Saggiatore, Milano, 1971, p. 102.

10 A questo aspetto della questione rivolge l'attenzione M. E. OMEL'JANOVSKIJ nella sua opera *Dialektika v sovremennoj fizike* (La dialettica nella fisica contemporanea), Moskva, 1973, pp. 88-94.

11 Cfr. L. I. MANDEL'STAM, *Lekcii po optike, teorii otnositel'nosti i kvantovoj mehanike* (Lezioni di ottica, di teoria della relatività e di meccanica quantistica), Moskva, 1972, p. 83.

12 Cfr. A. EINSTEIN, *Sobranie naucnyh trudov*, cit., Vol. 11, Moskva, 1966, pp. 43-44.

13 Cfr. A. GRÜNBAUM, *Philosophical Problems of Space and Time*, Reidel, Dordrecht, 1973. Alcuni studiosi ritengono in generale prematura la negazione dell'importanza dello spazio assoluto nelle odierne concezioni scientifiche: si veda in particolare H. M. LACEY, *The Scientific Intelligibility of Absolute Space: A Study of Newtonian Argument*, in *British Journal for the Philosophy of Science*, 1970, Vol. 21, n. 4, p. 317.

14 A livello empirico Einstein definisce la simultaneità secondo criteri operativi ed è guidato dal principio di osservabilità, mentre a livello teorico, nel formalismo di Minkowski, la simultaneità viene data in forma geometrica e il ruolo determinante viene svolto dal principio di semplicità.

15 Cfr. I. A. AKCURIN, *Edinstvo estestvennonaucnogo znanija* (L'unità della conoscenza delle scienze della natura), Moskva, 1974, p. 165.

16 Si veda in proposito P. W. BRIDGMAN, *La logica della fisica moderna*, Boringhieri, Torino, 1965.

17 Cfr. M. HESSE, *Duhem, Quine and New Empiricism*, « Knowledge and Necessity », New York, 1970, p. 203.

18 Cosl, se la *distanza* è data in numeri reali, la *deviazione* è invece espressa in strutture più generali, ad esempio, in un insieme parzialmente ordinato.

19 Cfr. W. HEISENBERG, *Fisica e filosofia*, Il Saggiatore, Milano, 1966, pp. 57 e 70-71.

20 Cfr. N. BOHR, *Discussione epistemologica con Einstein*, in *Albert Einstein scienziato e filosofo*, Boringhieri, Torino, 1958, p. 156.

21 Cfr. I. M. JAUCH, *The Problem of Measurement in Quantum Mechanics*, in *The Physicist's Conception of Nature*, Dordrecht-Boston, 1973, p. 685.

22 Cfr. R. PENROSE, *Struktura prostranstva-vremeni* (La struttura dello spazio-tempo), Moskva, 1972, pp. 18-20.

23 Cfr. A. Z. PETROV, *Fiziceskoe prostranstvo-vremja i teorija fiziceskih izmerenij* (Lo spazio-tempo fisico e la teoria delle misurazioni fisiche), in *Prostranstvo i vremja v sovremennoj fizike* (Lo spazio e il tempo della fisica contemporanea), Kiev, 1968, p. 189.

24 Cfr. D. BOHM, *Specialnaja teorija otnositel'nosti* (Teoria della relatività ristretta), Moskva, 1967, p. 225. Occorre tener presente che le concezioni dello spazio e del tempo subiscono un sensibile sviluppo nell'ontogenesi e nella filogenesi dell'uomo. Cfr. in proposito M. D. AHUNDOV, *Genezis predstavlenija o prospranstve i vremeni* (L'origine della concezione dello spazio e del tempo), in *Filosofskie nauki* (Scienze filosofiche), n. 4, 1976.

25 Cfr. R. H. ATKIN, *Cohomology of Observations*, in *Quantum Theory and Beyond*, Cambridge, 1971, pp. 191-211.

26 Cfr. *Quantum Theory and Beyond*, cit., p. 149. Va sottolineato che la teoria quantistica, a differenza di quella classica, affronta anche il problema delle modalità di conoscenza degli oggetti fisici.

27 Cfr. E. I. ZIMMERMAN, *The Macroscopic Nature of Space-time*, in *American Journal of Physics*, Vol. 30, n. 2, 1962, p. 101.

28 Cfr. H. REICHENBACH, *The Philosophy of Space and Time*, New York, 1958, p. 33. Sullo stesso argomento si veda anche A. M. MOSTEPANENKO, *Prostranstvo-vremja i fiziceskoe poznanie* (Lo spazio-tempo e la conoscenza fisica), Mosca, 1975, p. 52 sgg.

29 Questo carattere macroscopico dello spazio e del tempo non deve essere inteso nel senso che il mondo macroscopico sia esaurito dagli oggetti e dai processi classici. Il mondo macroscopico è altrettanto inesauribile quanto lo è il micromondo. La descrizione teorica dei diversi 'tagli' o frammenti del mondo macroscopico può anche essa esigere che si esca dai limiti dello spazio e del tempo classici. Il mondo della meccanica classica è macroscopico, ma ciò non implica che il mondo macroscopico sia necessariamente classico.

30 Cfr. D. FINKELSTEIN, *Space-time Structure in High Energy Interactions*, in *Coral Gables Conference on Fundamental Interactions at Hig Energy*, University of Miami, 1969, p. 235.

31 Cfr. ad esempio R. PENROSE, *Angular Momentum: An Approach to Combinatorial Space-Time*, in *Quantum Theory and Beyond*, cit.

Space and Time in the Structure of Physical Theory

MURAD D. AHUNDOV
USSR Academy of Science, Moskva

In undertaking a study of the 'status' of space and time in the structure of physical theory, we will start directly from an analysis of Isaac Newton's *Mathematical principles of natural philosophy*, a work that may be defined as the first example of physical theory in the modern sense of the term. In fact, the *Principles* constitute the first relatively complete hypothetical-deductive structure given in physics: they are expressed in axiomatic form and so it is possible to fix clearly where and how Newton places space and time.

Newton begins the construction of his system with a definition of basic physical concepts, such as mass, quantity of motion, inertia, and so on. Having stated these definitions, he introduces the concepts of absolute and relative space, time and motion, these themes also being the subject of the « Gloss » that concludes the first part, devoted to « Definitions ». The part that follows is devoted to « Axioms or laws of movement ». Newton thus introduces the concepts of space and time at the level of the original terms; their definition and physical content are stated with the aid of axioms: that is, through the laws of movement. However, they precede the axioms, not only because they are defined on the basis of the latter but also because they provide the background to the use of the axioms. In fact, these laws of movement of classical mechanics have a legitimate validity of their own in inertial systems of reference, which are, indeed, defined as moving systems having inertial motion with respect to absolute space and time.

At this stage the original theoretical status of absolute space and time is defined as « a vessel without walls » and pure duration. The conceptions are expressed in Newton's well-known formulations:

« Absolute, true and mathematical time, of itself and from its own nature, flows equably without relation to anything external, and by another name is called duration ».

« Absolute space, in its own nature, without relation to anything external, remains always similar and immovable »[1].

Newton's absolute space is analogous to the vacuum of Democritus. This is obvious, since Newton could not have developed his doctrine of atoms without referring to the fundamental principle of the existence of two principles: atoms and a vacuum. Let us remember that the vacuum of Democritus lacks the attribute of extension and becomes as the necessary condition of and arena for the dynamics of material atoms. The problems connected with its extension and measurement were referred to another space, which was founded upon minimum spatial entities of matter[2]. Thus the vacuum of Democritus constitutes the foundation of the conception of space as substantial. On the other hand, the other idea of space, which refers to minimum spatial entities of matter, was the basis of one of the variants of the conception of the 'attributive' type, in which space figures as an extension of material objects. As is well known, the most

exhaustive development of the idea of space as an extension of matter is associated with Cartesian doctrine, which propounds a conception of space of the extensional type. Another variant of the attributive conception was developed in the doctrine of Aristotle, which was based on the idea of space as a structure of the relations of material objects (relational conception).

For Newton absolute space and absolute time also act as a stage for the dynamics of physical objects. But unlike what occurs with Democritus, Newton's vacuum is connected with a dynamics that is well elaborated and exactly defined, from the mathematical aspect, and is made highly meaningful, from the physical aspect, by the laws of movement; moreover, upon its symmetry are founded the fundamental laws of conservation of mechanics.

The idea of an absolute space appears contradictory from more than one aspect; this has been noted by innumerable critics of the Newtonian conception, from Leibniz to Berkeley, Mach and others. Philipp Frank, for example, maintains that « under the influence of the spirit of the eighteenth century, the mixing of theology into science began to be regarded as illegitimate. Strange as it may seem, by the abandonment of theologic arguments the Newtonian physics lost logical coherence »[3]. In his opinion, before the necessary 'purification' from the contaminations of theology occurred — in other words, as long as absolute space continued to be considered as « *sensorium dei* » — everything was in order and Newtonian physics fully answered all needs of a logical nature. Frank, following in the wake of Mach, also tends to confirm the idea that absolute space becomes a meaningless expression since it does not possess any operative value. In order to rid themselves of this 'meaningless expression', the supporters of this point of view analyse the following two assumptions: 1) the law of inertia has a value only in reference to absolute space, and 2) the fixed stars remain in rest relative to absolute space. From these two assumptions the conclusion may be drawn that the law of inertia becomes legitimate only if the fixed stars are assumed. In itself, the fact of being able to indicate the empirical prototype of absolute space (or, to use more correct terms, an inertial system of reference fixed in fairly precise terms) is a positive one. However it is not clear why it is deduced from this that absolute space is eliminated from classical mechanics and its laws. The fixed stars provide us with a practical support in our empirical analyses, but they cannot fulfil the function of a theoretical structure: in fact, the fundamental laws of conservation are a consequence of the symmetry of absolute space and not of the presence of the fixed stars[4].

This set of problems (empirical-theoretical, observable-unobservable) assumes a fundamental importance in present-day physics. As regards absolute space, it should be recalled how Einstein emphasised Newton's extreme consistency in assuming its existence: « He showed — writes Einstein — that the observable geometrical quantities (distances between material points) and their measurements in time in the physical sense of the term are not sufficient to describe movement completely. Consequently, in addition to the masses and the distances (changeable in time) between them, there also exists something else that determines the events that occur. This 'something else' was understood by him as the relation to an 'absolute space' »[5]. Absolute space and time therefore constitute the necessary theoretical basis of classical mechanics.

The assumption of absolute time in the sphere of classical mechanics enables an equally absolute and universal simultaneousness to be postulated. As the foundation of absolute synchronism, only forces acting at a distance could be valid; this function of force acting at a distance was, in fact, assigned to gravity (the universal law of gravity). This specific nature formerly characterised classical kinematics, within the sphere of which the concept of time was based on the following fundamental hypothesis: « Two events, simultaneous for an observer bound to a particular system of

reference, appear equally simultaneous to any observer, bound to any system of reference whatsoever, who is moving in relation to the first ». From the physical point of view, an agreement of this kind can be achieved only by assuming the presence of signals sent with infinite velocity. Thus, action at a distance was not a result of Newton's dynamics but was already implicit in kinematics, so that even if Newton had succeeded in constructing a theory of gravity by making use of the model of the ether (in fact, he was unwilling to have recourse to action at a distance and actually tried to elaborate models that introduced the ether), he would nevertheless have had to search for something capable of replacing action at a distance, or else, anticipating Lorentz, Poincaré and Einstein, he would have had to begin to reformulate mechanics in accordance with relativistic principles. In fact, the law of action at a distance is not determined by the nature of gravity but by the very conception of a substantialistic type of space and time, such as pertains to a mechanical description of the world. Indeed, instantaneous action at a distance, outside both space and time, acts as the logical framework of absolute space and time.

As has been said, Newton makes a distinction between absolute space and the extension of material objects, which constitutes the fundamental property of these objects and is defined as relative space (the extensional conception of space). It is important to emphasise that relative space acts as a measure of absolute space and can be presented as the ensemble of the concrete inertial systems of reference, which are in relative motion. As regards relative time, it is, some sensible and external (whether accurate or unequable) measure of duration by the means of motion, which is commonly used instead of true time: such as an hour, a day, a month, a year »[6]. Relative space and time are accessible to our senses.

One often comes across the idea that Newton's relative space and time are nothing but individual visual space and subjective psychological time[7]. This point of view has been rightly criticised by A. Grünbaum, who has used persuasive arguments to show that relative space and time are empirical by nature and that, in particular, they constitute ordinary space and time, which are defined by the system of relations between material objects and events and therefore have nothing to do with the individual space and time of a single isolated experiment. Hence, from this aspect, the argument should be referred not so much to the extensional conception of space and time as to a relational variant of their attributive conception.

Theoretical space and time, given by the laws of mechanics, are, according to Newton's terminology, of a mathematical nature. In addition, Newton introduces an empirical space and time, accessible to our sense organs, which serve as a measure of theoretical structures, are used in ordinary life and are expressed in the language of observations. The processes of empirical verification and interpretation take place within the sphere of empirical (relative) space and time.

As we have seen, in Newtonian mechanics, theoretical and empirical space and time are particular cases of the theoretical and empirical structures of physical theory and, essentially, they coincide. In particular, Newton emphasises that « absolute and relative space are the same in figure and magnitude »[8]. This is natural, since both structures refer to one and the same macroscopic world and to the measurement of the objects in this world. It should certainly be osberved that, at the level of Newtonian mechanics, we do not come up against that identification of the world of theory with the world of empiricism, postulated by the more extreme empiricists, such as J. Stuart Mill; however, the connection between these two worlds (and consequently between theoretical and empirical structures) is an immediate one and the two worlds are described by making use of the same space-time language. The objects of the theory and the objects of its empirical basis therefore have

a specifically ideal nature, albeit at different levels.

The theory does not describe the same real phenomena but rather their idealised analogies. Neither are the empirical objects of the theory simple sensory perceptions: they are the result of a rational elaboration of the sensory experience. The idea of recorded statements independent of any theory, developed by the members of the 'Vienna Circle' in the twenties and thirties, had already been long since abandoned by the methods of scientific research. Empirical objects are associated with a particular theory impressed upon them; nevertheless, they are more directly and immediately connected with objective reality: that is to say, they are 'given to us' in a very particular sense. This is the very reason why, when the suitability of a theory is proved, its theoretical constructions correspond to the empirical data.

If the physical magnitudes did not correspond to the real physical objects, the theory would lose any kind of link with reality. This correspondence is achieved through the procedures of measurement, which constitute one of the more important structural elements of physical theory. These procedures raise length and time duration to the rank of original magnitudes. R. Carnap, in referring to the measurement of time intervals and lengths, wrote that these two magnitudes are fundamental in physics. « Once we can measure them, many other magnitudes can be defined. It may not be possible to define those other magnitudes explicitly, but at least they can be introduced by operational rules that make use of the concepts of distance in space or time »[9]. This specific nature of the definition of physical magnitudes has induced various authors to draw far-reaching conclusions, according to which, in particular, space-time terminology would be capable of expressing the whole specificity of physical study, so that physical knowledge could be formulated integrally in the language of coordinates with the aid of terms such as 'space', 'time', 'point' and so on.

The universality (in the above-mentioned sense) and fundamental character of the concepts of spatial length and time interval have been made absolute by logical positivism (R. Carnap, G. Hempel, B. Russell) and it is precisely this which has caused this approach to run into a whole series of difficulties; to overcome them an attempt has been made to resort to assumptions of a reductionist type, such as the rules formulated by Carnap or stated by Ramsey.

It is not our intention here to embark upon a detailed analysis of the specificity of 'unobservable' theoretical objects or to examine the nomological assertions, which have no operational significance. We will merely confine ourselves to mentioning that the relation between these elements of theory and their empirical structure is somewhat heterogeneous, and that, in general, they may even not have a space-time interpretation[10]. We wish rather to pursue more fully another aspect of the problem: that concerning the 'de-composition' of basic concepts and the multiplicity of meanings that they can assume which, in particular, leads to the negation of the idea of a single empirical basis of the various theories and to the assumption that different physical theories cause us to penetrate into different empirical structures, so that in each case the language of observation is stamped with the seal of the corresponding theory (in this respect, it is interesting to recall that Einstein formerly observed that only theory could establish what is observable and what is not).

In his time, B. Riemann raised the question of the macroscopic nature of Euclidean space and time, with which classical physics is concerned. His argument was based on the fact that, in order to establish the congruence of non-intersecting intervals, one must take as a basis the empirical concept of a rigid body, the constitution of which is indeterminate in the micro-world and becomes meaningless in the infinitely great world. Operational-type procedures in classical physics are based on the use of rigid rules and synchronised clocks, which keep the

same time, independently of the state of movement. For a long time these operational-type procedures were considered universal (as long as an absolutist conception of mechanicism and Kantian apriorism predominated). In the 20th century, however, these conceptions have undergone a thorough revision in the sphere of the macroscopic world itself, coinciding with the introduction of high velocities, equivalent to that of light.

Operational-type procedures, which had allowed the 'physicalisation' of Euclidean space in classical physics, were found to be inapplicable in this domain. For this very reason Einstein set about constructing his special theory of relativity, starting from an analysis of the definition of simultaneity and using a new operational procedure based on the use of light signals. His later observations made reference to the principle of relativity and to what he affirms to be the constant value of the speed of light. « The fact that light is propagated with a well determined finite velocity — emphasises L. I. Mandelstam — took on a very particular value in the theory of relativity, comparable, as regards the study of time, to that of the assumption of the existence of rigid bodies in the study of space »[11].

As a result of this development, a new conception of space and time was elaborated: namely, the relational conception. This has led some scientists to affirm that the appearance of the theory of relativity in physics has caused a change in the conceptions of space and time: the conception of 'substance' has been replaced by the conception of 'relation'. This idea is not wholly correct. In the sphere of the theory of relativity, as in that of classical mechanics, two types of space and time are present, which refer to the 'substantial' conception and to the 'attributive' conception (in our case, the 'relational' conception). In classical mechanics, absolute space and time entered as theoretical structure and were representatives of the 'substantial' conception. In the theory of relativity, on the other hand, this function is covered by the single four-dimensional space-time concept. Einstein describes this situation fairly clearly: « Just as, from the Newtonian point of view, it was found necessary to introduce the postulates '*tempus est absolutum, spatium est absolutum*', so, from the point of view of the special theory of relativity, we have to state that the '*continuum spatii et temporis est absolutum*', where '*absolutum*' means not only 'real from the physical point of view' but also 'independent from the point of view of its physical properties', capable of exercising a physical action but in itself not dependent upon physical conditions »[12]. Not even the general theory of relativity eliminates the idea of absolute space, because, as Grünbaum notes, in order to solve its non-linear differential equations it is necessary to fix limiting conditions 'at infinity' which fulfil the same role as Newton's absolute space[13].

On the other hand, in the special theory of relativity, there clearly appears also the relational conception of space and time. Indeed, it was the first to be formulated in Einstein's elaborations; in fact, four-dimensional space-time was the later result of the logico-mathematical reconstruction of the theory, carried out by H. Minkovski[14]. Relational space and time enter into this reconstruction as empirical structure of the theory.

In accordance with what has been said so far, the transition from classical mechanics to the special theory of relativity can be presented in the following way: 1) at theoretical level there has been a transition from absolute and substantial space and time to absolute and substantial space-time; 2) at empirical level, on the other hand, there has been a transition from extensional (relative) space and time to relational space and time.

This situation, distinguished by the extension and generalisation of the theoretical and empirical structures, is a characteristic feature of the development of contemporary physics. Hence, Akcurin is perfectly right when he stresses that the construction of any

new fundamental theory concerning a new sphere of reality is always associated with a new way of operative comparison of a particular abstract mathematical space and of the whole set of elementary events described by this theory[15].

At this point, however, a very important problem arises. The revelation of the inapplicability of the concepts of rigid body and synchronised clocks, in the absolute sense, in the relativistic world or of the concepts of rigid body and light ray in the micro-world has raised not only the question of the change in operative procedures, used in the study of the different worlds, but also that of the modification of the significance of the basic concepts themselves, in particular, of that of length. This ambiguity has been studied by P. W. Bridgman, who considered a physical concept as synonymous with a particular set of experimental measuring operations. Thus, in this way, a particular concept (for example, length) is extended into a family of concepts[16].

It is found that some of these concepts of length can be changed from one to another, but there are also some that are 'incommensurable' from the operative aspect, such as the concept of optical length in cosmic studies and the length of objects in the micro-world.

We will not dwell on the excessive claims of an operative nature put forward by Bridgman, though, in the course of time, he toned down his original opinions, recognising the value and importance of the operations of thought and word and of those performed with pencil and paper. It is well known that the operative definitions of physical concepts cannot be made absolute. However, the operative de-composition of a single concept deserves attention. In it may be expressed a theoretico-empirical dualism in the definition of physical concepts. In this respect we run up against certain procedures that go round in circles: on the one hand, we try to reduce all physical concepts to the empirical concepts of length and duration, and in this sense space and time appear as the basic empirical structures of physical theory; on the other hand, it is explained to us that, in order to define the concepts of length in the micro-world or in cosmological space, we must make use of concepts that include not only theoretical elements but even whole theories, such as the theory of electricity, Maxwell's equations and so on. In addition to this, we also have to extrapolate these equations and apply them to domains where their correctness is problematical.

In this way, when we say that different physical theories have different empirical bases, we must also bear in mind that those concepts, which appear general for certain theories, may be found to be something different in a more accurate analysis. This situation assumes an important significance in relation to the problems of the 'commensurability' of scientific theories. Thus M. Hesse, for example, in analysing the significance of the difference between paradigms of two scientific theories, places the accent upon the very change in meaning of the scientific terms: *a*) the meaning that the term has in one theory does not remain identical in another theory; *b*) no assertion, particularly of an empirical nature, containing the predicates of one theory, can disprove an assertion containing the predicates of another theory; *c*) no empirical assertion, belonging to one theory, is valid for verifying another theory. It follows that no crucial experiment exists that can allow us to choose between two different theories[17].

As regards the decomposition (which we have analysed) that a concept undergoes in the transition to the empirical bases of different theories, it must be borne in mind that in this case the argument refers to basic concepts, such as that of length. In the empirical bases of different fundamental physical theories, it occurs that different concepts of length operate, which are fixed through different operative procedures. We cannot exclude the possibility that the further development of physics may oblige us to make a sharp distinction between these different concepts of length

and to make use (as has already happened in mathematics)[18] of clearly distinct terms, such as length, distance, remoteness, closeness, and so on, with a subsequent operative and logical subordination between them. The operative de-composition of the basic space-time concepts cannot but bring about modifications in the very empirical structure of physical theory. Nevertheless, this structure continues to be considered a relatively stable ingredient of theory. This is explained by the fact that empirical structure is the form in which the structure of the macroscopic world always appears. It is also the world of verification and empirical interpretation and the world in which we ourselves are placed, as macroscopic objects.

At this point, however, the following question arises: must the empirical structure of physical theory necessarily intervene in the form of space and time of classical physics? In the sphere of the theory of relativity, which remains, like classical mechanics, a theory of the macroscopic world, this question, in general, receives a positive answer, even if we have to take account of the broadening of the extensional conception, which takes on a relational dimension. More complex is the situation found in quantum mechanics, which, as is well known, is a theory of the micro-world; here this particular question, which has attracted the keen and constant attention of the founders of quantum physics, is still of considerable importance today. And it is the very attempts to find an answer to it that have led to the formulation of fundamental principles, such as that of correspondence and of complementarity.

W. Heisenberg describes the situation that has arisen in the physics of the micro-world in the following way: « The Copenhagen interpretation of the quantum theory starts from a paradox. Any physical experiment, whether it refers to the phenomena of everyday life or to atomic events, must be described in the terms of classical physics. The concepts of classical physics form the language through which we describe the preparation of our experiments and express their results. We cannot, and must not, replace these concepts by others. However, the application of these concepts is found to be limited by the relations of uncertainty. We must bear in mind this limited area of applicability of the classical concepts while we are applying them, but we cannot and should not make efforts to improve them ... The concepts of classical physics are nothing but a refinement of the concepts of everyday life and are an essential part of the language that forms the basis of all natural science. In science, our actual situation is such that *we cannot but* make use of the classical concepts for describing experiments, and the problem of the quantum theory has been to find a theoretical interpretation of the experiments on this basis. It is pointless to discuss what could be done if we were beings different from what we are. We must therefore get it into our heads, as von Weizsäcker has said, that 'nature comes before man, but man comes before natural science'. The first part of the aphorism justifies classical physics, with its ideal of complete objectivity; the second part tells us why we cannot escape from the paradox of the quantum theory: namely, the necessity of making use of the classical concepts »[19]. From this situation the conclusion may be drawn that the space and time of classical physics constitute the empirical structure of quantum mechanics. It is the same conclusion that may also be drawn from the well-known gnoseological principle formulated by Bohr: « it is essential to bear in mind that, however much phenomena transcend the possibilities of being explained by classical physics, every experiment should be expounded in classical terms »[20].

Many research scientists (for example, von Weizsäcker, Jauch and others) emphasise that the fundamental difficulties raised by Bohr's principle are connected with the very interpretation of the term 'classical', 'classical physics' etc. In this respect we should need a structural — and not only historical — description of the meaning of this term. From the mathematical point of

view, a classical system can be defined as a system in which all the observable elements commute with one another. However, this answer is not a solution to the problem, since, from the physical point of view, systems of this kind can be achieved only in an approximate sense. We therefore need supplementary criteria of a classical nature[21]. On the basis of Bohr's principle one may conclude that the classical concepts of space and time have a gnoseological universality. Speaking in general, however, this conclusion does not follow from the principle in question, since the latter is indifferent to the type of structure and merely requires that it shall have a classical character and not a quantistic one. Thus it can be maintained that Bohr's principle requires that the physical structure of the theory shall necessarily be macroscopic, though not that it shall assume concrete form in classical space and time. The empirical structure of any physical theory that remains at macroscopic level (in this respect, it is sufficient to mention the series of different structures of the macro-world or, more precisely, the series of structures of different macro-worlds, obtained by R. Penrose in his reconstruction)[22] nevertheless bears the stamp of that theory and so does not remain unvaried: the empirical proof and interpretation of the theory take place in the geocentric world of the macro-subject, which is congenial to that theory.

In this way we may presuppose that empirical structure does not always enter in the form of the space and time of classical mechanics. Present-day physical theories are associated rather with relativistic space and time. A. Z. Petrov maintains that « today the experimenter describes all physical measurement within the framework of the special theory of relativity »[23]. Grounds exist for stating that the nature of our perception of the world is, in its substance and general laws, much nearer to the spirit of relativistic physics than to that of classical physics. D. Bohm, for example, emphasises that « the high degree of naturalness that we see in non-relativistic concepts, as compared with relativistic concepts, is largely the consequence of our limited and inadequate understanding of the field of applicability of ordinary experience, and not of a primordial inevitability of the usual way of interpreting this field of phenomena »[24]. As regards the experimenter of tomorrow, it is quite possible that he will find himself working with the topological structure of a multiplicity of observations and taking account of space-time cohomology (as referred to by R. H. Atkin) in an attempt to make a final balance of the quantum theory and to outline the prospects of its development[25].

In proceeding from one fundamental physical theory to another, we come up against appreciable changes of the emprical basis — which funcions in its specific space and time — in the specific empirical structure of physical theory. The process of formation of a suitable empirical structure is very long and often calls for special reconstructions of the theory. In this sense the situation of the quantum theory is highly indicative, since it has achieved a high level of development in the formalism of the Hilbert space, but without the specificity and characteristic of its empirical basis having been clearly defined in a satisfactory manner. In fact, it has been borrowed by classical physics, or, in the best of cases, by the special theory of relativity. Many research scientists have therefore ended by being convinced that space-time structure, corresponding to the quantum theory, has still not been clearly explained.

This problem is attracting the attention and interest of a great variety of research scientists. Ja. Aaronov, for example, emphasises that we mostly regard the quantum theory through the prism of a 'principle of impossibility': that is to say, we concentrate our attention on the limitations and restrictions that it introduces in classical physics. However, it is necessary to discover its new content and bring it to light[26]. In particular, we should be aware of the need to define what new principles and experimental approaches — different from the classical ones

or in contrast to them — should be imposed by the new theory. From this aspect, appreciable changes in the non-formal language of the quantum theory probably await us; for example, we shall probably be obliged to abandon concepts such as particle, field and continuum, in the hope of achieving complete agreement with the formal language of the theory.

Despite the variety of empirical structures (a variety that is destined to increase with the development of physics, as knowledge penetrates ever deeper levels of the structure of matter), they present something in common: namely, their macroscopic character. This result has no direct relationship with the well-known hypothesis of the macroscopic nature of space and time, since this hypothesis concerns the theoretical structure of physical theories, not their empirical structure.

The fact is that considerable difficulties arise in interpreting the theoretical structure of non-classical present-day theories in terms of space and time. In fact, these theoretical structures are made up of highly complex mathematical constructions, such as the Riemann space of the relativistic theories, the Hilbert space of quantum mechanics, and so on.

In a situation of this kind, it is as if the hypothesis of the macroscopic structure of space and time has vanished into thin air. Actually, in classical mechanics, which describes the dynamics of the objects of the macroscopic world, the theoretical structure appears in the form of space and time, whereas in quantum mechanics, which describes the dynamics of the objects of the micro-world, it is already a Hilbert space. It follows that space and time are the macroscopic structures of the relations[27]. Here, however, one must take account of the fact that, if physics had followed the path indicated by Poincaré, Euclidean space and time would have remained the universal background against which highly complex physical phenomena and processes would have taken place. The simplicity (G) would have involved considerable complications (F), the appearance of Reichenbachian universal forces, and so on. Instead, the development of physics has taken another path, indicated by Einstein: in the expression $G + F$, of which physical theory is composed, G is not predetermined but is chosen in such a way that F shall maintain a sufficient degree of simplicity. It is on this basis that the interesting conceptions (principles) of relativity of geometry, complementarity of physics and geometry, and so on, have been developed[28].

In what does the hypothesis of the macroscopic nature of space and time consist? Empirical structure is well known to be macroscopic. There is nothing hypothetical here. In the description of the macroscopic, world, theoretical structure enters in the form of space and time (obviously this does not mean that it is impossible to develop classical physics in another structure). However, in the development of physical theories, which describe other levels of the structure of matter, this background, even if it can be used, is accompanied by a complication of the theory, which, as a rule, causes it to draw away from the background and to reject it. In the present case, this situation is also the basis of the hypothesis of the macroscopic nature of space and time[29].

However, it is true that, in recent times, attention has been concentrated upon another possible path: namely, that involving an attempt to crystallise space-time by making use of specific elements of non-classical physical theory. Obviously, such a space-time will correspond to the single theory that has brought about its elaboration. The traditional development of quantum mechanics has followed the path of the quantisation of geometry. Here, in substance, it is not a question of the transition to a quantised space-time; the procedure consists rather in taking the geometrical structure (and, consequently, also the dynamic structure) of classical physics (a structure which, within certain limits, described the real world quite correctly) and in improving it through quantisation. There is, however,

yet another way, indicated by D. Finkelstein[30], which consists not in the quantisation of geometry but rather in the geometrisation of quanta!

The fact is that in the quantum theory we are dealing with a whole series of magnitudes and concepts having an essentially quantistic, not classical, character. One case only need be mentioned: that of the spin of a particle. Recently, interesting attempts have been made to develop the quantum theory by starting only from non-classical observables. This approach has made it possible to elaborate a theory which, in conformity with the revision of the conception of the continuum, does not make use of the concepts of particle and field, since these in themselves contain the idea of the potential localizability of the object, which is incompatible with the fundamental idea of quantum physics: that is, totality. In this case, moreover, space and time are not eliminated from the theory (as, on the contrary, is done by the supporters of the hypothesis of their macroscopic nature) but are constructed by starting from quantistic, not classical, constituent elements. Constructed according to this procedure, space-time possesses various interesting properties: in particular, it has a spin structure[31]. Following this path, one can try to elaborate a more rigorous quantum theory, which will not present any kind of discordance between formal and non-formal language.

In this way, the development of quantum physics has shown us three ways in which non-classical theories can be developed: 1) the way that remains within the limits of classical space and time: an approach that is accompanied by a unnatural complication of the theory and is generally followed in the initial stages of construction of the theory; 2) the way that relies on abstract mathematical spaces, such as the Hilbert space: a way that allows the use in physics of the abundant wealth of abstract structure made available by contemporary mathematics; 3) the way that aims at the construction of a non-classical space-time, the structure of which is obtained by starting from non-classical specific constituent elements.

In conclusion, I should like to return for a moment to the hypothesis of the macroscopic nature of space and time. At times one comes up against attempts to endow this hypothesis with an almost philosophical constitution. In this sense it must be weakened: in fact, in this case it has a rigorously and exclusively physical character and therefore presents no contradiction with the philosophical theory of space and time. In the sphere of the physical problems, however, this hypothesis may even be strengthened; if space and time have a macroscopic nature, this does not necessarily mean that the macroscopic world has a space-time nature. A nature of this kind could be possessed only by a particular subset of the macroscopic world, which we have already known and used for thousands of years and have expanded to the point of causing it to assume the dimensions of a general doctrine of space and time. This process could be likened to the one by which, in antiquity, an orderly subset, the Cosmos, was separated and distinguished, from the mythological Chaos, with the help of Logos.

M. D. A.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 Cf. I. NEWTON, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687), tr. by A. Motte (1729), ed. by F. Cajori, Cambridge, 1934, p. 6.

2 Cf. M. D. AHUNDOV, *K voprosu o matematiceskom atomizme Demokrita* (On the Question of the Matematical Atomism of Democritus) in *Filosofskie nauki* (Philosophical Sciences), 1970, no. 4.

3 Cf. PH. FRANK, *Modern Science and its Philosophy*, Harvard University Press, Cambridge, 1949, p. 224.

4 It must be remembered that Newton's absolute space appears in different hypotheses: 1. Theological space, as « *sensorium dei* »; 2. Space, in the picture of the world, as a vacuum, as a « vessel without walls »; 3. Space of the theoretical type, as an inertial system of reference.

5 Cf. A. EINSTEIN, *Sobranie naucnuh trudov* (Collected Works), Vol. 4, Moscow, 1967, p. 85.

6 Cf. NEWTON, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, cit., p. 6.

7 Cf. F. S. C. NORTHORP, *The Meeting of East and West*, New York, 1946, pp. 76-77.

8 Cf. NEWTON, *op. cit.*, p. 103.

9 Cf. R. CARNAP, *Philosophical Foundations of Physics*, New York, 1966, p. 76.

10 This aspect of the question has been considered by M. E. OMELYANOVSKI in his *Dialektika v sovremennoj fizike* (Dialectics in Contemporary Physics), Moscow, 1973, pp. 88-94.

11. Cf. L. I. MANDEL'STAM, *Lekcii po optike, teorii otnositel'nosti i kvantovoj mehanike* (Lectures on Optics, the Theory of Relativity and Quantum Mechanics), Moscow, 1972, p. 83.

12 Cf. A. EINSTEIN, *Sobranie naucnyh trudov*, cit., Vol. 11, Moscow, 1966, pp. 43-44.

13 Cf. A. GRÜNBAUM, *Philosophical Problems of Space and Time*, Reidel, Dordrecht, 1973. Some scholars maintain, in general, that it is premature to deny the importance of absolute space in present-day scientific conceptions; see, in particular, H. M. LACEY, *The Scientific Intelligibility of Absolute Space: A Study of Newtonian Argument*, in the *British Journal for the Philosophy of Science*, 1970, Vol. 21, no. 4, p. 317.

14 At an empirical level, Einstein defines simultaneousness according to operative criteria and is guided by the principle of observability, whereas at theoretical level, in Minkowski's formalism, simultaneousness is given in geometrical form and the determining role is fulfilled by the principle of simplicity.

15 Cf. I. A. AKCURIN, *Edinstvo estestvennonaucnogo znanija* (Unity of knowledge of the Sciences of Nature), Moscow, 1974, p. 165.

16 In this respect, see P. W. BRIDGMAN, *The Logic of Modern Physics*, New York, 1927.

17 Cf. M. HESSE, *Duhem, Quine and New Empiricism*, « Knowledge and Necessity », New York, 1970, p. 203.

18 Thus, if the *distance* is given in real numbers, the *deviation* is expressed in more general structures: e.g. in a partially ordered set.

19 Cf. W. HEISENBERG, *Fisica e filosofia*, Il Saggiatore, Milano, 1966, pp. 57 and 70-71.

20 Cf. N. BOHR, *Discussione epistemologica con Einstein*, in *Albert Einstein scienziato e filosofo*, Boringhieri, Torino, 1958, p. 156.

21 Cf. I. M. JAUCH, *The problem of measurement in Quantum Mechanics*, in *The Physicist's Conception of Nature*, Dordrecht, Boston, 1973, p. 685.

22 Cf. R. PENROSE, *Struktura prostranstva-vremeni* (The Space-time Structure), Moscow, 1972, pp. 18-20.

23 Cf. A. Z. PETROV, *Fiziceskoe prostranstvo-vremja i teorija fiziceskih izmerenij* (Physical Space-time and the Theory of Physical Measurement), in *Prostranstvo i vremja v sovremonnoj fizike* (Space and Time in Contemporary Physics), Kiev, 1968, p. 189.

24 Cf. D. BOHM, *Specialnaja teorija otnositel'nosti* (Special Theory of Relativity), Moscow, 1967, p. 225. It should be borne in mind that conceptions of space and time undergo an appreciable development in ontogenesis and the philogenesis of man. In this respect, see M. D. AHUNDOV, *Genezis predstavlenija o prospranstve i vremeni* (The Origin of the Conception of Space and Time), in *Filosofskie nauki* (Philosophical Sciences), no. 4, 1976.

25 Cf. R. H. ATKIN, *Cohomology of Observations*, in *Quantum Theory and Beyond*, Cambridge, 1971, pp. 191-211.

26 Cf. *Quantum Theory and Beyond*, cit., p. 149. It should be emphasised that the quantum theory, unlike the classical theory, also deals with the problem of the methods of knowledge of physical objects.

27 Cf. E. I. ZIMMERMAN, *The Macroscopic Nature of Space-time*, in the *American Journal of Physics*, Vol. 30, no. 2, 1962, p. 101.

28 Cf. H. REICHENBACH, *The Philosophy of Space and Time*, New York, 1958, p. 33. On this subject, see also A. M. MOSTEPANENKO, *Prostranstvo-vremja i fiziceskoe poznanie* (Space-time and Physical Knowledge), Moscow, 1975, p. 52 ff.

29 This macroscopic character of space and time should not be taken in the sense that the macroscopic world is exhausted by the classical objects and processes. The macroscopic world is just as inexhaustible as the micro-world. The theoretical description of the various « cuts » or fragments of the macroscopic world may also require going beyond the classical limits of space and time. The world of classical mechanics is macroscopic, but this does not imply that the macroscopic world is necessarily classical.

30 Cf. D. FINKELSTEIN, *Space-time Structure in High Energy Interactions*, in *Coral Gables Conference on Fundamental Reactions at High Energy*, University of Miami, 1969, p. 235.

31 Cf., for example, R. PENROSE, *Angular Momentum: an Approach to Combinatorial Space-time*, in *Quantum Theory and Beyond*, cit.

SOEBEN ERSCHIENEN

INDEX GENERALIS 1907-1975

von

SCIENTIA

Internationale Zeitschrift
für wissenschaftliche Synthese

Die Einführung hat Herr Prof. Giuseppe Montalenti des Genetikinstituts der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rom verfasst.

Der Index Generalis besteht aus einem Band von 100 Seiten. Darin sind über 3.500 Beiträge von Wissenschaftlern der ganzen Welt angeführt, die Scientia in 70 Jahren veröffentlicht hat. Es handelt sich gewissermassen um eine Geschichte des wissenschaftlichen Denkes dieses Jahrhunderts bis auf den heutigen Tag.

Die zur Erstellung des Index angewandten Regeln sind in einer am Anfang des Bandes zusammengefassten Begriffsklärung angegeben.

Die Datenverarbeitung wurde vom CNUCE, einer vom CNR abhängigen Anstalt, geleistet.

Preis des Bandes: Europe Lit. 4.000, andere Länder $6.00

Bestellungen werden vom Verlag entgegengenommen:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Scienza e senso comune

ALDO GARGANI
Università di Pisa

Sembra giusto ritenere che la scienza, soprattutto a partire dal secolo XVII, con la sua strutturazione meccanicistica, abbia scisso il sapere dal senso comune. La tesi di Galilei, Descartes, Hobbes e di altri sulla soggettività delle qualità sensibili ha espropriato dall'universo fisico oggettivo sapori, odori, colori (e insieme anche valori etici ed estetici) con i quali il senso comune produce la sua percezione del mondo fisico. La scienza avrebbe così svalutato i canali ordinari attraverso i quali il senso comune stabilisce il proprio contatto con gli oggetti fisici. Con l'introduzione, inoltre, di tecniche sempre più raffinate e invadenti di formalizzazione matematica, essa avrebbe sottratto agli uomini comuni, al pensiero popolare la visibilità della natura. L'esperienza ordinaria servirebbe agli uomini per il soddisfacimento dei loro bisogni quotidiani, ma non sarebbe più uno strumento utile o idoneo in vista di una conoscenza vera e scientificamente controllata. Apparentemente plausibile, quasi ovvia, questa tesi di Koyré[1], in realtà, si sostiene sul presupposto di una visione o concezione del senso comune nei termini di una disposizione, di un atteggiamento naturali, spontanei di cui ogni uomo sarebbe il portatore. Ecco un'importante distinzione: da un lato la concezione della realtà propria del senso comune come un repertorio di punti di vista sulla natura consegnato agli atti di un codice psico-fisico invariante e connaturato agli uomini; voglio dire che è sufficiente essere semplicemente uomini per averlo. Nella vita quotidiana gli uomini manifestano il senso comune così come secernono le lacrime o il sudore. Da un altro lato, invece, la crescita e lo sviluppo della scienza come elaborazione di un corpo di enunciati consegnati a tecniche di controllo sperimentale e a formulazioni logico-matematiche che producono rettifiche e nuovi assetti del sapere scientifico. L'uomo comune, il pensiero popolare sarebbe ciò che vi è di invariante nella storia, laddove la scienza si presenterebbe come una struttura che sia per sviluppi cumuliformi, sia per crisi e rotture, risulterebbe comunque una formazione teorica e intellettuale in movimento, fornita di una capacità endogena di crescita e di sviluppo. Stando così le cose, il senso comune non avrebbe più nulla da dare alla scienza e per parte sua sarebbe destinato a convivere a fianco di questa ultima come un'area marginale di comportamenti, atteggiamenti e punti di vista non toccati, né modificati dal sapere scientifico.

In realtà, il senso comune si presenta come un campo arato dalle tecniche metodologiche della scienza e della filosofia. Quello che Descartes o Hobbes

respingono sotto il titolo di qualità soggettive o di errate, distorte opinioni dell'uomo comune è semplicemente lo stesso repertorio di punti di vista e di concezioni nei quali si esprimeva la scienza pre-meccanicista. Le qualità sensibili e soggettive come il caldo, il freddo, il dolce, l'amaro, oppure i valori finalistici dell'armonia e della bellezza, prima di rifluire per intero sulle spalle del senso comune (a séguito delle imprese di Bacone, Galilei, Descartes, Mersenne, Hobbes e di altri), avevano costituito i termini, il lessico e il riferimento empirico della scienza e della filosofia che precedono l'avvento della scuola meccanicista. Se le versioni dell'aristotelismo cinquecentesco e gli schemi della filosofia scolastica elaborano la conoscenza naturale nei termini di operazioni intellettuali astrattive da condurre sui 'fantasmi' della sensibilità, il naturalismo scientifico-filosofico nel corso dei secoli XVI e XVII elabora una tecnica di concettualizzazione che legge nei dati offerti dalla sensibilità un ordine e un sistema di comunicazione universale del cosmo. È esattamente in questi quadri concettuali e in queste rappresentazioni scientifico-filosofiche che si trovano depositati agli atti, per così dire, quei modelli della condotta intellettuale che il movimento della nuova scienza seicentesca respingerà come abiti dell'uomo comune, viziati dal pregiudizio, dalle false opinioni e, specificamente, dalle distorsioni percettive suscitate dagli organi della sensibilità. Numerosi trattati scientifici e filosofici dei primi decenni del secolo XVII contengono in apertura lo svolgimento di un tema d'obbligo, ossia la soggettività delle qualità sensibili. A partire da quei testi[2], l'universo fisico viene espropriato di gran parte dei suoi materiali e proprietà tradizionali. Si scopre che erano stati gli uomini ad attribuirgliele. Contemporaneamente si scopre che nelle strutture della sensibilità è depositata un'invincibile tendenza all'illusione percettiva. Quando percepisce, l'uomo è anche maturo per l'errore.

In realtà, la scienza ha intrattenuto da sempre rapporti con quello che si definisce senso comune. Essa ne ha ritagliato il territorio. Voglio dire: non c'è stato un senso comune o un modello dell'esperienza naturale che non siano stati definiti dalle strategie immanenti alle procedure del sapere e dell'elaborazione teorica in corso. Il senso comune, il pensiero popolare, i modi della sensibilità quotidiana risultano assoggettati, a partire dal secolo XVII, al potere delle teorie scientifico-filosofiche che promuovono la nuova scienza. È la grande scienza meccanicista che ordina e codifica l'opinione comune e che al tempo stesso penalizza i modi erronei, illusori della sensibilità percettiva. Ma tutti gli oggetti e tutti i termini della sua imputazione, prima ancora di costituire il senso comune o l'opinione popolare, sono i relitti di un altro sapere, storicamente anteriore, che è stato refutato e respinto.

Anziché costituire un atteggiamento naturale e spontaneo, il senso comune è l'espressione di una degradazione scientifica che le teorie meccaniciste hanno messo in opera nei confronti degli schemi del sapere scientifico-filosofico precedente, fondato su valori e significati che sono stati

asportati via dalla scena dell'universo fisico. Senso comune e pensiero popolare risultano così essere le denominazioni che si danno ad uno stato del sapere che non si intende più riconoscere e avallare. Quando Descartes[3] attribuisce la dottrina del vuoto fisico all'illusione percettiva umana, egli scarica sulla sensibilità comune quello che egli assume come un errore della teoria fisica. Il senso comune è scienza degradata.

Bisogna rilevare che il senso comune costituisce un discorso senza soggetto. Esso, cioè, è il termine di riferimento di tanti discorsi, ma non è il soggetto o l'autore di alcuno di essi. Il senso comune, l'opinione quotidiana sono subordinati al potere di codificazione proprio del discorso scientifico in corso, che avanza o retrocede, ma che rimane comunque arbitro delle competenze cognitive che risultano attribuite al senso e al linguaggio comuni. In certo modo, il senso e l'opinione comune non possono mai dichiararsi. Ma ora sarebbe errato andare alla ricerca di una sostanza nascosta, di un flusso latente che dovrebbero essere liberati ed entrare perentoriamente in un'articolazione discorsiva, che manifesterebbe finalmente la spontaneità o la naturalità del sentire quotidiano, delle credenze degli uomini comuni. Non c'è alcun autore o soggetto latente o represso che attenda una simile liberazione. Se il senso comune parlasse (accettando la falsa supposizione di una tale latenza) non direbbe altro se non quello che gli viene fatto dire dai poteri discorsivi ai quali è assoggettato. Il senso comune non ha personalità giuridica nel discorso; non dispone di un'interiorità da riversare verso l'esterno, ma è sempre il termine a distanza di un discorso che si svolge altrove.

Che il senso comune non sia la manifestazione di una struttura naturale e spontanea degli uomini, ma l'oggetto di definizione e codificazione delle strategie della scienza, lo si vede allorquando viene dichiarata la coincidenza di una forma del sapere, che si vuol refutare, con il senso comune, con la percezione quotidiana. Quando Bacone dice che Aristotele ha costruito la sua filosofia sul senso comune e che è troppo empirista[4], egli non fa altro che esibire l'identità che il movimento della nuova scienza stabilisce tra il senso comune e una forma di sapere degradato. Ma non fanno forse la stessa cosa tutti coloro che imputano la concezione tolemaica al senso comune e la dottrina copernicana, invece, alla riflessione scientifica e razionale che si sarebbe sottratta alle false apparenze del senso comune? In quanti libri di storia della scienza, di filosofia o di epistemologia abbiamo letto che la rivoluzione copernicana avrebbe contraddetto al tempo stesso il senso comune e la dottrina tolemaica? Quante volte abbiamo udito l'adagio secondo il quale a séguito della dottrina copernicana gli uomini avrebbero imparato a diffidare delle loro ingannevoli percezioni? Un pò come a dire che il senso comune è tolemaico, mentre il pensiero scientifico è copernicano-galileiano. Ma, praticando questo luogo comune, non abbiamo fatto altro che tributare il nostro omaggio ad uno schema interpretativo voluto dalla scienza meccanicista che scalzava la dottrina tolemaica degradandola al livello di senso comune e di opinione volgare. In realtà, non esistono percezioni del senso comune che siano più tole-

maiche che copernicane; né si può dire che le percezioni sensibili siano geocentriche e che le dottrine scientifiche risultino, invece, eliocentriche. Semplicemente, non vi è stata alcuna percezione sensibile alla quale il sistema tolemaico risultasse vincolato oppure che fosse una presa diretta di tale sistema nel mondo fisico. Nonostante il tema celebratissimo dell'illusorietà dei sensi (perché, per esempio, il bastone immerso nell'acqua ci appare spezzato, senza considerare però che i nostri sensi sono in grado di accertare che in realtà esso non è spezzato), il sistema tolemaico non è una razionalizzazione dei dati ingannevoli della percezione comune, perché nessuno ha mai avuto la percezione della rotazione del sole, e si deve dire invece che ognuno ha percepito la diversa posizione in quiete del sole rispetto al nostro orizzonte. Il dato percettuale comune non costituisce la legittimazione della teoria tolemaica, né la sua matrice di ispirazione. Se si vuol dire che il senso comune 'vedeva' ruotare il sole intorno alla terra, ciò può soltanto significare che vi era una percezione interpretata all'interno di un assetto teorico di un certo tipo (in questo caso la dottrina tolemaica). Il senso comune è stato dichiarato illusorio dal momento in cui i filosofi e scienziati hanno considerato illusoria una dottrina astronomica nei termini della quale venivano letti i dati percettivi dell'esperienza comune e ordinaria. Il senso comune è stato penalizzato contemporaneamente alla refutazione di una teoria astronomica. Per questo dico che il senso comune è in realtà una teoria scientifica degradata.

Il senso comune è terra di nessuno; la sua fisionomia è disponibile alle configurazioni che esso può ricevere dalle tecniche del sapere. Dire, per esempio, che l'aristotelismo è la filosofia del senso comune è una banalità perché in realtà è stato l'aristotelismo a modellare una certa struttura del senso comune. E quando sono state prese le distanze dall'aristotelismo, si è anche respinto quel senso comune che ne sembrava la matrice d'ispirazione. Il senso comune è il complice involontario delle nostre imprese intellettuali ed è il luogo nel quale le teorie scientifico-filosofiche relegano ciò che scienza non è. Il senso comune è configurato strategicamente come lo sfondo preliminare dell'impresa scientifica propriamente detta. Ma se il senso comune è un luogo strategicamente ordinato, esso, pur non essendo depositario di verità scientifiche, è nondimeno in un rapporto controllabile e significativo con il sistema del sapere scientifico. Voglio dire: esso non è un'area periferica e selvaggia abbandonata a se stessa; al contrario, è la scena arredata di un teatro attrezzato per la rappresentazione delle parti che su essa proietta una nuova immaginazione scientifica. Il sapere amministra, oltreché se stesso, anche tutto ciò che non è scienza.

In rapporto ai limiti ai quali è soggetta la conoscenza umana, alla sua incapacità di abbracciare nessi cognitivi del mondo fisico come, per esempio, la causa della coesione delle parti materiali, Locke può fare del senso comune un luogo sprovvisto di strumenti per la conoscenza, ma peraltro fornito di indicazioni sicure per l'orientamento nel corso dell'esperienza

quotidiana[5]. Il senso comune contiene quanto è necessario e sufficiente per produrre un'azione. Ma ciò non significa che per Locke il senso comune contenga l'espressione conoscitiva minimale per produrre decisioni e azioni. Il senso comune modellato da Locke non costituisce una fonte autonoma e indipendente di cognizioni. Non fornisce un grado di evidenza che, sia pure entro limiti assai ristretti, costituirebbe nondimeno la condizione cognitiva idonea a promuovere l'azione. Diciamo invece: sulla base e in concomitanza alle esperienze quali si producono e si accumulano nelle circostanze della vita quotidiana si manifestano decisioni, movimenti, azioni da parte degli uomini. Che la decisione sia stata formata, che l'azione sia stata prodotta, questi sono i sintomi del sufficiente orientamento che l'esperienza comune offre alla conservazione della vita umana e dei suoi beni. Descartes e Locke hanno scritto due storie diverse ma complementari della candela: il primo ne ha realizzato uno schema intellettuale espropriato di qualsiasi qualità propria del senso comune[6]. Il secondo ne ha visto l'altra faccia: il grado di intensità della esperienza ordinaria che è sufficiente per non metterci un dito sopra[7]. Ma non sappiamo, ci dice Locke, quanta conoscenza sia necessaria per produrre questo comportamento. Al contrario, l'evento, il prodursi effettivo dell'azione, del comportamento misurano la sufficienza del senso comune per gli scopi della vita umana. In concomitanza con uno schema del sapere scientifico caratterizzato da un'ipotesi generale di tipo vacuista e corpuscolare, che non è peraltro la premessa di alcun ragionamento scientifico concreto[8], il senso comune, nella versione lockiana, risulta un indice pragmatico in grado di assolvere alle funzioni della conservazione della vita umana e dei beni materiali ai quali essa è legata. La scienza e il senso comune si sostengono reciprocamente; cioè, sono aree che si spartiscono compiti e competenze diverse. Il senso comune per Locke è tutto ciò che non è scienza; e quindi è odore, sapore, gusto e simili entro nessi di concomitanza empirica che costituiscono guide sicure per l'orientamento pratico. La scienza fisica corpuscolare e vacuista del suo tempo costituisce un modello ideale di sapere, peraltro difficilmente praticabile da parte degli uomini per via dei limiti che sono ascritti alle loro facoltà.

Ma sarebbe superficiale indagare l'idea del senso comune senza investigare il suo rapporto strategico con il sapere colto e ufficiale. Il senso comune è una controparte del sapere scientifico. E non c'è una sola maniera esclusiva in cui la scienza ha intrattenuto rapporti con il senso comune. Anziché di una procedura lineare, è di un reticolo di relazioni che si tratta allorché si esplorano quei rapporti a partire dal movimento della nuova scienza meccanicista del secolo XVII. Se per un lato il senso comune è una forma di sapere refutata e rimossa, per l'altro esso è anche una sostanza malleabile destinata a ricevere le configurazioni impresse dalle strategie di fondazione e di legittimazione del sapere scientifico. I nuclei teorici veri e propri delle ipotesi scientifiche non hanno mai viaggiato da soli ma in compagnia della teologia, della filosofia, delle formazioni di-

scorsive tracciate negli spazi dell'immaginazione sociale. In spregio al criterio dell'economia degli enti e dei concetti, la legge newtoniana dell'inverso del quadrato ha proceduto insieme alla nozione di una causalità non meccanica di questa meravigliosa compagine dell'universo[9], dinamizzata dall'intervento provvidenziale e benefico di Dio, consegnata a finalità di bellezza e di armonia, entro uno spazio e un tempo assoluti definiti come gli organi sensori della divinità. Nel corso delle vicende storiche successive il nucleo dell'ipotesi gravitazionale newtoniana ha, per così dire, deposto queste nozioni accessorie. Esse si sono rivelate, come dirà Mach, rappresentazioni secondarie (*Nebenvorstellungen*) dell'ipotesi scientifica[10].

Non essere scienza non significa essere necessariamente contro la scienza. Il senso comune può anche impersonare ruoli che risultano solidali con determinati modelli del sapere scientifico, così come di quello filosofico. Il sistema di Hegel non muove dalle postazioni più elevate del sapere e della razionalità. Al contrario di Fichte e di Schelling che procedono dalle istanze teoriche più elevate discendendo verso le forme della coscienza comune, Hegel nella *Fenomenologia dello Spirito* svolge una scienza dell'esperienza della coscienza in cui si muove in direzione di un modello di sapere assoluto e di razionalità autoriflessa partendo dalla situazione ordinaria dell'esperienza percettiva. Lungo questo cammino si conserva lo schema che abbiamo considerato fin dagli inizi come il sistema dominante di riferimento: il senso comune come il depositario di tutte le forme del sapere scientifico degradato. In tal modo Hegel nella sua critica della scienza comune investe in realtà un intero repertorio di dottrine scientifiche e filosofiche ufficiali. Nella « Certezza Sensibile » (*die sinnliche Gewissheit*) propria del senso comune si riconosce facilmente il sensismo di Protagora ripreso da Teeteto nel dialogo platonico; nella figura della percezione (*Wahrnehmung*) il mondo delle cose e delle loro proprietà attributive è il mondo degli oggetti ordinari dell'esperienza quotidiana, ma è anche ora il mondo di Locke e di Kant (allorché Hegel ascrive l'unità alla cosa in sé e la molteplicità delle proprietà sensibili alla coscienza)[11], ora il mondo di Leibniz che riconosce la diversità nella cosa, intesa come molteplicità indifferente, e riconduce l'unità di essa all'opera dello spirito[12]. Più o meno inconsciamente releghiamo nel senso comune i relitti del sapere che vogliamo rimuovere e dei quali intendiamo disfarci. Ma la strategia dell'abbandono e della rimozione non è l'unica a disciplinare i rapporti scienza-senso comune. Esiste una strategia multipla di riferimento. Il senso comune ha costituito lo sfondo di animazione della costruzione scientifica. Se la coscienza comune non raffigura un quadro accettabile della realtà, essa può detenere una norma immanente di svolgimento in grado di condurla alla soglia in cui, anziché essere il ricettacolo di rappresentazioni distorte di cose o oggetti indipendenti, la coscienza risulterà avere come unico oggetto se stessa, essendo l'*Assoluto* un *soggetto* e non più una sostanza[13]. Se la scienza della ragione, ora, non può confondersi con l'approccio fittizio di una coscienza per sé vuota con un do-

minio di cose indipendenti ed esterne, sarà il desiderio (*Begierde*) dell'autoriconoscimento, immanente alla coscienza comune, il fattore propiziatore di una realtà di numerose autocoscienze[14]. La coscienza comune procede erraticamente; è un in sé che non riconosce il disegno della trama cognitiva alla quale è ordinata. Ma vi è un occhio a sorvegliare dall'alto l'andamento dell'esperienza della coscienza; è questo medesimo processo, ma hegelianamente non più visto *per sé*, ma *per noi*[15], cioè per una consapevolezza scientifico-filosofica raggiunta che dispone gli andamenti della coscienza comune e suoi fittizi criteri del vero in un percorso strategicamente finalizzato al sapere assoluto, dove di essa non sarà più dato trovare peraltro alcuna traccia.

In questa versione, il senso comune, oltre a costituire il non-scientifico, il non-razionale, è anche al tempo stesso un sostegno della scienza, perché è proprio dal groviglio dei suoi pregiudizi, delle sue distorte immagini della verità, che si dipana la fibra forte e robusta dall'autentico sapere. È il fatto di svolgersi da quell'intrico di false assunzioni, in cui consiste l'esperienza della coscienza comune, a conferire al sapere assoluto hegeliano l'estro strategico di costituirsi come un *sapere totale*, inclusivo di sé e anche di ciò che, per dir così, non è lui stesso. Proprio perché non è scienza, il senso comune viene ad acquisire una delle sue più rilevanti proprietà, quella di offrire titoli di concretezza, di aderenza (sebbene non in termini cognitivi) al reale, all'esperienza vissuta, al quotidiano. La bassa, la degradata e umile empirìa è il non-sapere o il sapere selvaggio che si utilizza strategicamente (nonostante le sue distorsioni e ingenuità) come sintomo del concreto, della realtà vissuta, quale archeologia del pre-categoriale. E poiché tale è la volontà strategica che si impone, non ha importanza che dietro al senso comune si nascondano ora Protagora, ora Tolomeo, ora Aristotele, ora Locke, ora Kant. Forse che sa il senso comune di essere senso comune?

In questa forma travestita del non-sapere, la coscienza comune costituisce la scena originaria delle operazioni cognitive. Il senso comune, in una variante di questa funzione, può risultare anche come la figurazione fisiologica del sostrato biologico della scienza. Il senso comune, il pensiero popolare servono allora a costituire il tessuto delle operazioni scientifiche propriamente dette. « Il pensiero scientifico sorge dal pensiero popolare. Così il pensiero scientifico conchiude la serie continua dello sviluppo biologico, la quale comincia con le prime elementari manifestazioni di vita[16]». Il sapere scientifico condivide con la coscienza comune, con l'immaginazione ordinaria (*vulgären Vorstellungslebens*), dalle quali sorge, la funzione dell'integrazione concettuale (*gedankliche Ergänzung*) di un'esperienza che è inevitabilmente parziale e lacunosa. Il cacciatore che, sulla base di alcune osservazioni necessariamente limitate, si rappresenta il modo di vivere, il comportamento della preda, e Galileo che, sulla base di alcuni dati parziali — posizione, direzione e velocità iniziale di un proiettile —, si propone di rappresentare l'intera traiettoria di esso, assolvono entrambi ad una medesima finalità di integrazione concettuale dei dati osservativi

dell'esperienza ordinaria[17]. Il completamento concettuale, rappresentativo di un'esperienza parziale, è la finalità cognitiva della scienza naturale, ma è prima ancora la funzione di adattamento biologico dell'organismo all'ambiente. Questo è ciò che essi condividono. Ma senso comune, pensiero popolare e scienza divergono dopo aver proceduto per un po' insieme. Se la seconda mantiene la motivazione fondamentale che si trova anche alla base del primo (sotto forma di adattamento per la sopravvivenza mediante l'integrazione mentale, rappresentativa del dato), nondimeno presto ne diverge, in quanto il pensiero scientifico sviluppato non assolve, secondo Mach, a scopi veramente pratici (*praktischen Zwecken*), legati al soddisfacimento di bisogni vitali (*der Befriedigung leiblicher Bedürfnisse*), bensì si crea « suoi propri scopi »[18], di natura puramente conoscitiva.
Decollato dalla medesima matrice di un'esperienza parziale e limitata che è alla base della coscienza comune, il pensiero scientifico consegue finalità cognitive, autonome e indipendenti da implicazioni pratiche. Ma ora esso è esposto ai disagi e alle inquietudini che si generano nella sua stessa interiorità, e che non sono del medesimo tipo di quelli che affliggono il pensiero comune. « Il pensiero scientifico rafforzato si crea suoi propri scopi, cerca di liberarsi, di eliminare ogni disagio *intellettuale* »[19]. È prefigurato il tema wittgensteiniano del lavoro filosofico e analitico come eliminazione di disagi, di inquietudini intellettuali che sorgono nel corso del disciplinamento concettuale dell'esperienza. La condotta intellettuale si crea suoi scopi per il raggiungimento dei quali risulta poi imbrogliato dalle stesse regole che si è dato. « Il fatto fondamentale, qui, è che noi fissiamo certe regole, una tecnica per un giuoco, e poi, quando seguiamo le regole, le cose non vanno come avevamo supposto. Che dunque ci impigliamo, per così dire, nelle nostre proprie regole. Questo impigliarsi nelle nostre regole è appunto ciò che vogliamo comprendere, cioè, ciò di cui vogliamo ottenere una visione chiara. Esso getta una luce sul nostro concetto di intendere. Infatti, in quei casi, le cose vanno diversamente da come avevamo inteso, previsto. Quando, per esempio, compare una contraddizione, diciamo appunto: 'Io non l'ho intesa così'. Lo stato civile della contraddizione, o il suo stato nel mondo civile: questo è il problema filosofico »[20].
Nel programma machiano il pensiero scientifico sorge dalla medesima matrice del senso, dell'opinione comuni. Sebbene orientato verso l'integrazione concettuale di un'esperienza parziale, il pensiero scientifico nondimeno, nel corso del suo sviluppo, assume una finalità di natura esclusivamente cognitiva. Ma anche dopo che si è prodotto questo salto di qualità, l'attività scientifica risulta invariabilmente destinata a generare una più attrezzata e controllata raffigurazione dei fatti che è contemporaneamente una funzione di adattamento (*Anpassung*) all'esperienza. Pur nell'autonomia e nella purificazione logica della sua condotta il pensiero scientifico nondimeno assolve a quei medesimi scopi ai quali il pensiero popolare, il senso comune sono ordinati sia pure in una forma assai più limitata, precaria e, soprattutto, vincolata a bisogni pratici particolari.

Le istanze biologiche e antropologiche nel passaggio dal pensiero comune a quello scientificamente controllato attraverso l'osservazione e il calcolo matematico hanno mutato linguaggio e strategia di ricerca, non la finalità che è sempre quella del miglior adattamento all'ambiente.
Entro la strategia machiana la scienza riconosce nel senso comune non già i metodi e le procedure della propria ricerca (che hanno ottenuto uno statuto autonomo e indipendente), ma la motivazione, l'interesse e la sanzione antropologica di essa. Il corpo degli enunciati scientifici trasmessi trova la legittimazione delle proprie procedure e delle scelte teoriche che vi sono presupposte nell'integrazione di un'esperienza lacunosa e parziale con la quale il pensiero comune ha un rapporto di adattamento. Il cacciatore che 'integra' in linea concettuale o rappresentativa il comportamento della preda e Galilei che 'integra' la traiettoria del proiettile, di cui sono note posizione e velocità iniziali, condividono i medesimi scopi. La scienza trova il 'perché' della propria indagine nel *soma* del senso comune. Quest'ultimo offre alla scienza una genesi, una motivazione, un fascio di attitudini percettive e comportamentali da adattare all'ambiente. Così la scienza risulta il linguaggio sublimato del senso comune.
Non più giustificata in rapporto alle funzioni superiori dell'anima come voleva Aristotele, secondo una topologia del sapere che assegnava alla scienza una sorta di luogo intellettuale così come assegnava i *luoghi naturali* al fuoco, all'aria, all'acqua e alla terra; non più radicata in una propensione naturale alla conoscenza (che distinguerebbe gli uomini dagli animali), la scienza, secondo Mach, promana dalle viscere del senso comune, figlia del bisogno e del desiderio della sopravvivenza. « Perché penso? » ci si domandava; la risposta suonava che, per esempio, pensiamo e calcoliamo per evitare che la caldaia a vapore esploda.
Pensiamo perché vogliamo vivere: il senso comune, il pensiero popolare risultano strategicamente ordinati e utilizzati come il linguaggio non del sapere, bensì del bisogno; non del calcolo, ma dell'esigenza che promuove il calcolo. Scienza e senso comune corrispondono ad una distribuzione metodologica, rispettivamente, di calcolo + osservazione da un lato e di bisogno, finalità, in senso biologico, dall'altro. Oppure quest'altra alternativa: calcoliamo, pensiamo non già *perché* viviamo, ma semplicemente *nel modo in cui viviamo*. Calcolare, pensare fanno parte della nostra vita; non ne sono risultati, conseguenze, effetti. Si diceva: pensiamo, calcoliamo i dati della caldaia a vapore perché vogliamo vivere. Ma certamente non ci domandiamo: perché viviamo?[21] E così Wittgenstein, considerando il parlare, il pensare, il calcolare come altrettanti parti della nostra vita, ha definito le nostre operazioni intellettuali come tratti della condotta ordinaria degli uomini. Esse sono attività naturali, come mangiare, passeggiare, bere[22]. Ciò non implica una versione naturalistica di tali operazioni, così come se fossero manifestazioni di neuroni, di filamenti nervosi e di muscolature. Significa che di fronte ad esse non dobbiamo porre il problema di una legittimazione teorica e di una fondazione logica. Semplicemente perché le spiegazioni hanno un termine, perché ad un certo

punto la vanga incontra lo strato roccioso su cui si piega, Wittgenstein ha espresso una definitiva rinuncia alle strategie della duplicazione e della riflessione scaturite da ambizioni fondazionali.

In un certo senso, ora, la condotta intellettuale viene a far parte, con Wittgenstein, della nostra forma di vita, anziché corrispondere agli atti del pensare, del parlare, del calcolare quali venivano intesi dalla tradizione mentalistica della nostra cultura. Questi ultimi ora non hanno più l'alone sublimato dell'idealità e dell'interiorità profonda. È ovviamente solidale con questa assunzione wittgensteiniana la circostanza che i superconcetti (*Ueber-Begriffen*), quali « io », « mondo », « pensiero », « linguaggio », « mente » che instauravano il super-ordine (*Ueber-Ordnung*) scientifico-filosofico, risultino filosoficamente depotenziati e ricondotti dall'uso metafisico al loro uso nella vita quotidiana[23]. Ma dunque Wittgenstein avrebbe ridotto, senza residui, le forme più elevate del sapere al senso comune, ai comportamenti umani della vita quotidiana? In realtà si tratta di una soluzione di tipo assai diverso. Wittgenstein ha in effetti scoperto la presenza di un sapere, la strutturazione grammaticale-teorica che sono immanenti al senso comune. Wittgenstein ha letto in quelle che apparivano come espressioni spontanee, naturali della percezione comune la cifra di un sapere, la messa in opera di paradigmi grammaticali. L'analisi wittgensteiniana ha preso in carico il senso comune per quello che è, ossia per un repertorio di abiti e di grammatiche della percezione, di tecniche discorsive disciplinate da regole. Wittgenstein ha riportato alla luce il fondamento grammaticale in uso nel senso comune, nel pensiero popolare e ha sostituito codici grammaticali, addestramenti, convenzioni e stipulazioni linguistiche in luogo di quelle che erano da sempre apparse come espressioni cognitive naturali, spontanee e immediate del senso comune. « Come faccio a sapere che questo colore è rosso? — Una risposta potrebbe essere questa: 'Ho imparato l'italiano' »[24]. « Io posso dire a qualcuno: 'Questo colore si chiama rosso in italiano' (se, per esempio, gli sto insegnando l'italiano). Io non direi in questo caso 'io so che questo colore ...' — lo direi forse se lo avessi imparato appena allora, oppure in contrasto ad un altro colore del quale non conosco il nome italiano »[25]. La grammatica, le regole che disciplinano l'uso delle espressioni del nostro linguaggio, un intero regime di convenzioni e di decisioni rimpiazzano il quadro del senso comune qual era tradizionalmente rappresentato, ossia come la testimonianza immediata, naturale, anteriore ad ogni impresa teorica, su quali cose vi siano, quali proprietà competano ad esse.

Due giorni prima di morire, Wittgenstein scriveva le ultime sezioni di *Ueber Gewissheit* in cui metteva a nudo la natura grammaticale e paradigmatica delle proposizioni che una tradizione filosofica anche recente aveva interpretato come un sistema di credenze o di enunciati di carattere cognitivo. Anziché enunciati di portata esistenziale, anziché certezze intuitive e irrefutabili che era sufficiente indicare o evocare, come aveva creduto G. E. Moore nei suoi saggi sul senso comune, le credenze di questo

ultimo sulla realtà degli oggetti esterni, degli eventi passati, delle menti altrui e simili risultavano espressioni di regole grammaticali che disciplinano l'articolazione linguistica dell'esperienza[26]. Moore aveva codificato in una serie di '*truisms*' del senso comune un intero repertorio di invincibili certezze ontologiche del seguente tipo: « Esiste attualmente un corpo umano, che è il *mio* corpo. Questo corpo è nato in un certo istante del passato, ed ha continuato ad esistere da allora, pur non senza subire dei mutamenti... »[27]. In *Proof of an External World* (1939) replicava ai filosofi idealisti che avevano negato la realtà delle cose materiali e delle menti altrui, degli eventi spazio-temporali: « Penso, perciò, che nel caso di tutti i tipi di 'cose' che sono tali, se c'è un paio di cose entrambe le quali sono di uno di questi tipi, oppure un paio di cose delle quali una è di un tipo e una è di un altro, allora ne seguirà immediatamente che vi sono delle cose nello spazio, ed è anche vero che se io posso provare che vi è un paio di cose, delle quali una è di uno di questi tipi e un'altra è di un altro, o un paio di cose entrambe le quali sono di un tipo, allora avrò provato *ipso facto* che vi sono almeno due 'cose al di fuori di noi'... Posso provare ora, per esempio, che esistono due mani. Come? Alzando le mie due mani e dicendo, mentre faccio un certo gesto con la mano destra, 'Qui c'è una mano', e aggiungendo, mentre faccio un certo gesto con la sinistra, 'e qui ce n'è un'altra'. E se facendo questo io ho provato *ipso facto* l'esistenza di cose esterne, voi tutti vedrete che posso anche farlo ora in numerosi altri casi: non c'è bisogno di moltiplicare gli esempi »[28]. Moore asseriva questi enunciati con la medesima aria e con la medesima sicurezza di chi racconta le proprie esperienze, le cose che gli sono accadute. Con una sorta di candore parlava in termini cognitivi delle proprie mani, dei corpi altrui, del calamaio. D'altronde, come potrebbe non riuscire convincente chi dichiara che esiste un calamaio che egli sta attualmente indicando o che stringe addirittura in mano? I critici hanno osservato che Moore si limita a '*to beg the question*'[29]. Ma la loro obiezione condivide la medesima ingenuità che guidava Moore nella convinzione che i suoi '*truisms*' fossero vere e proprie conoscenze. Non si tratta, infatti, di criticare Moore per non aver *dimostrato* quello che egli ha asserito, bensì di uscire dall'erronea interpretazione ontologica che sia Moore sia i suoi critici assegnano alle credenze e agli enunciati propri del senso comune. In effetti, i '*truisms*', le credenze del senso comune, in quanto venivano ad assumere una fisionomia cognitiva di certezza, rappresentavano i relitti di quel mondo vittoriano di stabilità che scambiava punti di vista logici e grammaticali per certezze cognitive; un mondo che peraltro Moore, insieme a Russell, aveva concorso a mettere in discussione. Gli enunciati con i quali Moore credeva di dar voce alle cosiddette certezze del senso comune non erano, in realtà, espressioni cognitive suscettibili di essere confermate o refutate da parte dell'esperienza[30]. Così come venivano interpretate da Moore quelle proposizioni venivano a delineare una rappresentazione mitologica del mondo. Wittgenstein ne aveva scoperto il carattere grammaticale e convenzionale. Esse costituiscono lo sfondo

ereditato (*der überkommene Hintergrund*) in cui si possono e di fatto vengono disciplinate in modo semplice e simmetrico le rappresentazioni dell'esperienza[31]. Nei confronti dei *truisms* elencati da Moore, del loro presunto statuto di certezza cognitiva, del loro '*ordinary or popular meaning*', Wittgenstein replica che le cose che diciamo di sapere con assoluta certezza sono cose che abbiamo imparato. La invincibile credenza in esse può anche non essere mai stata espressa e nemmeno pensata. Esse costituiscono un repertorio di termini e di paradigmi appresi e anteriori al dubbio, alla conferma e alla refutazione[32].

L'espressione cognitiva di numerose credenze del senso comune nasconde la loro origine in un addestramento sociale che induce negli abiti del nostro comportamento norme, paradigmi di descrizione delle situazioni che circondano la nostra vita. In riferimento all'espressione di Moore, « io so di certo che la terra esisteva già molti anni prima che io nascessi »[33], Wittgenstein replica: « Un fanciullo potrebbe dire ad un altro: 'io so che la terra esiste da centinaia di anni', e ciò significherebbe: io l'ho imparato »; « La difficoltà è nel rendersi conto dell'assenza di fondamenti del nostro credere »; « È chiaro che i nostri enunciati empirici non hanno tutti il medesimo statuto, dal momento che si può stabilire un enunciato di questo tipo e trasformarlo da proposizione empirica in una norma della descrizione »[34].

Anziché termini di imprese cognitive, gli enunciati del senso comune esprimono le stipulazioni e le assunzioni grammaticali, linguistiche arbitrarie alle quali sono ancorati i dubbi, le perplessità, le inquietudini intellettuali ed anche le loro risposte. *Sono il luogo del dubbio, ma non a loro volta oggetti esposti al dubbio.* Le credenze del senso comune non hanno il significato dei raggi conoscitivi che gli occhi degli uomini proietterebbero sulle cose illuminandole. Esse sono regole, paragonabili a quelle di un giuoco, che disciplinano la condotta degli uomini nelle circostanze della loro vita. Queste regole possono rimanere allo stadio della latenza, nei termini di uno statuto implicito al quale è ancorata una forma di vita. Alla base di esse non v'è un presupposto concettuale infondato, bensì un modo di operare che è esso stesso infondato. « 'Una proposizione empirica può essere *provata*' (diciamo noi). Ma come e mediante cosa? »; « Che cosa conta come prova di essa? — 'Ma questa è una prova sufficiente? E se lo è, non deve essere riconosciuta come tale nella logica?' — Come se il dare ragioni non dovesse ad un certo momento avere una fine. Ma la fine non è il presupposto infondato, bensì il modo di operare infondato (*unbegründete Handlungsweise*) »[35]. Non è l'esperienza « il fondamento del nostro giuoco del giudizio »[36], perché sono una condotta, un modo di operare, immanenti ad una forma di vita, a costituire l'ultima sanzione dei paradigmi del nostro giudizio. « Perché non mi convinco di avere ancora due piedi quando mi voglio alzare dalla poltrona? Non c'è un perché. Semplicemente non lo faccio. Agisco così»[37]. Il repertorio delle certezze del pensiero popolare — su cui Moore distendeva fiduciosamente il reticolo delle sue analisi filosofiche — è un sistema di decisioni e di regole spesso

anche implicite; esso costituisce nemmeno tanto il punto di partenza delle nostre argomentazioni quanto l'elemento di vita (*Lebenselement*) in cui le nostre argomentazioni si formano e si diffondono[38], nel quale si tracciano giudizi e si traggono le inferenze tra essi. « 'Noi siamo completamente sicuri di ciò' non significa soltanto che ognuno ne è certo, bensì che noi apparteniamo ad una comunità, la quale è tenuta insieme dalla scienza e dall'istruzione »[39]. Perché il linguaggio dovrebbe poggiare su una base conoscitiva?[40]. La decisione che fissa i paradigmi del pensare, del giudizio, del calcolo, dello sperare è immanente ad una forma dell'operare che è parte della nostra vita. Le credenze e le evidenze del pensiero comune, popolare, così come le proposizioni matematiche, sono schemi paradigmatici della nostra condotta «egualmente esposti all'oblio, alla svista e all'illusione »[41].

Il senso comune non è l'autore del suo presunto discorso; non è ciò per cui si presenta o viene spacciato. Esso è propriamente il termine di una operazione strategica perseguita dal sapere propriamente detto; è anche uno strumento di ricambio, per così dire, della scienza e della filosofia. Da sempre queste ultime hanno amministrato il senso comune, il pensiero popolare attraverso un sistema di divieti e di permissioni, e mediante una varia distribuzione di conoscenza e di ignoranza. Nelle vicende delle sue certezze così come in quelle delle sue illusioni, il senso comune ha dietro di sé la committenza di un sapere che non è né comune, né popolare. Scopriamo che ciò che va sotto il nome di senso comune è una funzione delegata dal pensiero scientifico-filosofico in corso; che esso è inserito entro un immane reticolo dove parti del sapere si strutturano con altre parti, con altri frammenti di scienza. Le presunte evidenze del senso comune rappresentano uno stadio ingenuo e primitivo del lavoro filosofico quando siano presentate in termini cognitivi. I filosofi neo-realisti di Cambridge, al principio di questo secolo, avevano assunto i paradigmi del nostro linguaggio, quali 'erba', 'verde', 'mano', 'pianeta', come cose, entità, processi e quindi come termini di proposizioni cognitive che, nel caso specifico, erano certe ed evidenti. Ed anche le nozioni della logica, quali per esempio quelle di classe e di funzione proposizionale, erano state assunte come oggetti logici a-temporali, di tipo platonico. Investiti di un compito culturale e di una committenza sociale che dirigevano verso valori di stabilità, i filosofi di Cambridge avevano finito per trasformare in cose e processi ostensibili e addirittura palpabili quelli che non erano né cose, né processi, bensì gli strumenti che servono per trattare con le situazioni della nostra vita. Gli strumenti impiegati per tracciare le condizioni del discorso erano stati indebitamente trasformati in oggetti del discorso. L'inesorabilità delle certezze cognitive attribuite da G. E. Moore alle credenze del senso comune, ai suoi '*truisms*', discendeva unicamente, per una sorta di tautologia, dalla circostanza che certi paradigmi linguistici e non altri vengono ordinariamente impiegati e praticati. Ma con questa consapevolezza giungiamo, ora, all'ultima

curva di quel tracciato di peripezie del sapere in cui non troviamo più certezze ed evidenze immediate e nemmeno quindi le mitologiche figure dei loro portatori, il cosiddetto soggetto conoscente da una lato e il loro presunto fondamento ontologico dall'altro; ossia le cose e i processi circondati dal corteggio delle loro proprietà. Viene meno, allora, la nozione dei rispecchiamenti cognitivi certi e diretti. Ciò che ha l'apparenza di doverci essere assolutamente risulta essere la conseguenza di una adozione linguistica all'interno della quale viviamo la coazione di certi paradigmi di interpretazione. Ma ciò dovrebbe dispensarci dal basso artigianato filosofico dei soggetti conoscenti che proiettano, per così dire, i loro raggi sulle cose e sulla natura.

Infatti, cose e natura sono coinvolti nei processi di strutturazione grammaticale che specificano le procedure cognitive messe in atto. Le presunte certezze ed evidenze del senso comune manifestano concetti statici, che rappresentano in modo ingannevole gli oggetti dell'esperienza come un sistema di entità e di cose già dato e avente un significato autonomo e indipendente dalle tecniche costruttive impiegate nelle procedure dell'apprendimento (per esempio, nelle operazioni del contare e del misurare). I termini delle funzioni generative del nostro pensiero e del nostro linguaggio sono stati trasformati, nel corso delle filosofie del senso comune, in concetti statici di cose aventi un'esistenza assoluta. Quella nozione di senso comune, alla quale una lunga tradizione scientifico-filosofica ha accordato un repertorio di certezze ed evidenze immediate, è l'erede della proiezione mitologica di uno stato di natura, di un'età dell'oro della conoscenza. Essa corrisponde all'idea di una conoscenza acquisita senza lavoro e fatica, al di fuori dei processi costruttivi di prove, tentativi ed errori.

A. G.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 « Vi è tuttavia qualcosa di cui Newton — e non solo Newton, ma la scienza moderna in generale — può ancora essere ritenuto responsabile: l'aver spaccato il mondo in due. Ho già detto che la scienza moderna abbatté le barriere che separavano cielo e terra unificando l'universo. E questo è vero. Ma essa realizzò tale unificazione sostituendo al nostro mondo delle qualità e delle percezioni sensibili, il mondo che è il teatro della nostra vita, delle nostre passioni e della nostra morte, un altro mondo, il mondo della quantità, della geometria reificata, nel quale, sebbene vi sia posto per ogni cosa, non vi è posto per l'uomo. Così il mondo della scienza — il mondo reale — divenne estraneo e si differenziò profondamente da quello della vita che la scienza non era stata capace di spiegare, neppure definendolo 'soggettivo' » (A. KOYRÉ, *Newtonian Studies*, London, 1965, p. 23; trad. it. di Paolo Galuzzi, Torino, 1972, p. 26).

2 Cfr. nel *Saggiatore* la tesi galileiana della soggettività delle qualità sensibili: « Vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del suggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità », in *Opere*, edizione nazionale, Firenze, vol. VI, Firenze, 1896, p. 348. Nella *Dioptrique* DESCARTES afferma che « non c'è bisogno di supporre che, per darci modo di vedere i colori e la luce, qualcosa di materiale passi dagli oggetti ai nostri occhi e nemmeno che in tali oggetti vi sia qualcosa di simile alle idee o alle sensazioni che ne abbiamo ... In tal modo il vostro spirito si libererà di tutte quelle piccole immagini che volteggiano per l'aria, le cosiddette *specie intenzionali* (*espèces intentionnelles*), che affaticano tanto l'immaginazione dei filosofi »; cfr. *Oeuvres de Descartes*, a cura di C. Adam e P. Tannery, Paris, 1902, t. VI, p. 85); « la luce non è altro, nel corpo che si dice luminoso, che un certo movimento, o un'azione assai rapida e vivace, che passa ai nostri occhi, per l'interposizione dell'aria e degli altri corpi trasparenti, nel medesimo modo che il movimento o la resistenza del suo bastone » (*ivi*, p. 84). Nel suo trattato di ottica in inglese Hobbes riconosce a Descartes il merito di aver posto il principio della soggettività delle qualità sensibili: « Il Signor Descartes ha stabilito il vero principio della sua dottrina, e cioè che le Immagini degli oggetti sono nella

fantasia, e che esse non volano attraverso l'aria, con il nome vacuo di *Specie Intenzionali* ma sono prodotte nel cervello mediante l'operazione degli stessi oggetti » (cfr. *A Minute or First Draught of the Optiques*, Ms Harleian 3360 del British Museum, II, pp. 3-4); « Oggetto — scrive HOBBES nel *De Corpore* — è ciò che si sente; pertanto ci esprimiamo più accuratamente quando diciamo che noi vediamo il sole che quando diciamo che noi vediamo la luce. Infatti la luce e il *colore*, il *calore*, il *suono* e tutte le altre qualità che si è soliti chiamare sensibili, non sono oggetti, ma fantasmi degli esseri senzienti », in *Opera quae Latine scripsit omnia*, studio et labore Gulielmi Molesworth, Londini, vol. I, p. 319; trad. it. di Antimo Negri, Torino, 1972, p. 380.

3 « Ma quando prendiamo questa parola secondo l'uso ordinario e diciamo che un luogo è vuoto, è costante che noi non vogliamo dire che non c'è nulla affatto in quel luogo o in quello spazio, ma solo che non c'è niente di ciò che presumiamo dovervi essere. Così, poiché una brocca è fatta per tenere dell'acqua, noi diciamo ch'essa è vuota, quando non contiene che dell'aria ... Poiché noi non consideriamo ordinariamente i corpi che sono vicini a noi, che in quanto essi producono negli organi dei nostri sensi delle impressioni così forti, che possiamo sentirle », *Principia Philosophiae*, II, 17, in *Oeuvres de Descartes*, cit., t. VIII, Paris, 1905, p. 49; trad. it. di Maria Garin in CARTESIO, *Opere*, Bari, 1967, vol. II, pp. 81-82.

4 I filosofi di tipo empirico hanno prodotto dottrine ancor più informi e mostruose di quelle degli intellettualisti o sofisti; perché ricavate non soltanto da concetti volgari (questi, anche se sono superficiali, sono in qualche modo universali e sanno riferirsi a un gran numero di casi, in ogni modo), ma dalla base angusta di pochi ed oscuri esperimenti », *Novum Organum*, I, 64, in *The Works of Francis Bacon*, a cura di J. Spedding, R. L. Ellis e D. D. Heath, London, 1860, I, p. 65; BACONE, *Opere filosofiche*, a cura di Enrico De Mas, Bari, 1965, vol. I, p. 279.

5 Cfr. *An Essay Concerning Human Understanding*, II, xxiii, 12, a cura di Alexander Campbell Frazer, vol. I, Oxford, 1894, p. 402; trad. it. di Camillo Pellizzi, Bari, 1972, vol. II, p. 291.

6 « Che cosa è, dunque, ciò che si conosceva con tanta distinzione in questo pezzo di cera? Certo non può essere niente di quel che vi ho notato per mezzo dei sensi, poiché tutte le cose che cadevano sotto il gusto o l'odorato o la vista o il tatto o l'udito si trovan cambiate, e tuttavia la cera stessa resta. Forse era ciò che io penso ora: la cera cioè non era né quella dolcezza del miele, né quel piacevole odore dei fiori, né quella bianchezza, né quella figura, né quel suono, ma solamente un corpo, che poco prima mi appariva sotto questa forme, e che adesso si presenta sotto altre ... Poiché siccome adesso conosco che, a parlare propriamente, noi non concepiamo i corpi se non per mezzo della facoltà di intendere che è in noi, e non per l'immaginazione, né per i sensi; e che non li conosciamo nel fatto che li vediamo o li tocchiamo, ma solamente pel fatto che li concepiamo per mezzo del pensiero, io conosco evidentemente che non v'è nulla che mi sia più facile a conoscere del mio spirito », *Meditationes de Prima Philosophia. Secunda*, in *Oeuvres de Descartes* cit., t. VII, Paris, 1904, pp. 30 e 34; trad. it. di Adriano Tilgher, in CARTESIO, *Opere*, cit., vol. I, pp. 211 e 213-14.

7 Ritornando sull'esempio cartesiano della cera, LOCKE contrappone allo schema intellettualistico di Descartes un criterio cognitivo la cui efficacia è accertata in base alle azioni che promuove: « Poiché, non rispondendo le nostre facoltà alla piena estensione dell'essere, né a una conoscenza perfetta, chiara e comprensiva delle cose, libera da ogni scrupolo e dubbio, bensì soltanto alla conservazione di noi stessi, cui sono state date; e rispondendo esse, da come son costituite, all'uso della vita, servono assai bene al nostro scopo finché ci danno soltanto notizia certa di quelle cose che sono per noi convenienti o dannose. E infatti, chi veda una candela accesa, e abbia fatto esperienza della forza della sua fiamma mettendovi sopra un dito, non dubiterà davvero che questo sia qualcosa che esiste fuori di lui, che gli fa del male e che gli procura grande dolore: il che costituisce una sicurezza sufficiente, poiché nessuno esige una certezza maggiore, che gli serva di regola nelle sue azioni, di quella costituita da cosa altrettanto certa quanto le azioni stesse », *An Essay*, cit., IV, xi, 8, pp. 332-33; trad. it. cit., libro IV, pp. 156-57.

8 Cfr. CARLO A. VIANO, *John Locke. Dal razionalismo all'illuminismo*, Torino, 1960, pp. 442, 484 e 492.

9 Cfr. I. NEWTON, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, the third edition (1726), with variant readings, assembled and edited by A. Koyré and I. B. Cohen, Harvard University Press, vol. II, pp. 759-60.

10 « A parte gli elementi che sono indispensabili per la rappresentazione dei fatti, dei quali è costituita un'ipotesi, quest'ultima contiene sempre o perlomeno solitamente altri elementi ancora, che *non sono necessari* per tale rappresentazione. Infatti l'ipotesi è costruita in base ad un'analogia, i cui punti di somiglianza e di differenza sono conosciuti in modo incompleto altrimenti non vi sarebbe bisogno di indagare al riguardo. La dottrina della luce parla, per esempio, di onde, mentre soltanto la *periodicità* è necessaria per la comprensione dei fatti. Questi elementi accessorî, che vanno al di là di quelli necessari, risultano soggetti a trasformazione nella azione reciproca di pensiero ed esperienza. Essi vengono eliminati a poco a poco e sostituiti da elementi necessari », E. MACH, *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Leipzig, 1926, p. 245.

11 « Da prima io mi accorgo dunque della cosa come di uno, e ho da tenerla ferma in questa determinazione vera. Se nel movimento del percepire si presenta qualcosa di contraddittorio alla cosa, ciò è da riconoscere come mia *pura* riflessione. Ora, nella percezione, si presentano anche diverse proprietà che sembrano essere proprietà della cosa: ma la cosa è uno, e noi siamo consapevoli che quella diversità, per cui la cosa cessava di essere uno, cade in noi. Dunque in effetti questa cosa è bianca soltanto al *nostro* occhio, sapida *anche* alla nostra lingua, cubica *anche*, al nostro tatto ... Poiché dunque consideriamo come riflessione nostra la determinatezza di essere universale mezzo, conserviamo con ciò l'autoeguaglianza e la verità della cosa: di essere uno », *Phänomenologie des Geistes*, herausgegeben von J. Hoffmeister, Hamburg, 1952, p. 95; trad. it. di Enrico De Negri, Firenze, 1960, pp. 99-100.

12 « ... la cosa è uno, proprio perché si oppone ad altre. In quanto peraltro è *uno* essa non esclude da sé altre cose (giacché essere uno significa essere l'universale rapportarsi a se stesso; ed essendo essa un uno, è piuttosto eguale a tutte) ma le esclude per via della *determinatezza*. Poiché la *proprietà* è la proprietà *propria* della cosa o è una determinatezza nella cosa stessa, questa ha *parecchie* proprietà ... È dunque in verità la cosa stessa che è bianca, e *anche* cubica, e *anche* sapida ecc.; ossia la cosa è *l'anche* o *l'universale mezzo* nel quale le molte proprietà sussistono l'una fuori dell'altra ... È dunque l'unità che la coscienza dovrà prendere su di sé, poiché la cosa è *il sussistere delle molte proprietà diverse e indipendenti* ... *L'unificare* queste proprietà tocca soltanto alla coscienza: nella cosa, quindi, essa non deve lasciarle confluire in un uno », *Phänomenologie*, pp. 95-96; trad. it. cit., pp. 100-101.

13 Cfr. *Phänomenologie*, pp. 23-24; trad. it. cit., pp. 18-19.

14 *Phänomenologie*, pp. 135, 139, 148 sgg.; trad. it. cit., pp. 145, 150, 162 sgg.

15 Cfr. per esempio *Phänomenologie*, pp. 24, 103 e 135; trad. it. cit., pp. 19, 109, 145.

16 E. MACH, *Erkenntnis und Irrtum*, cit., p. 2.

17 Cfr. E. MACH, *op. cit.*, pp. 2-3.

18 E. MACH, *op. cit.*, p. 2.

19 *Ivi*.

20 L. WITTGENSTEIN, *Philosophische Untersuchungen*, a cura di G. E. M. Anscombe e R. Rhees, Oxford, 1953, I, sez. 125; trad. it. di Mario Trinchero, Torino, 1967.

21 « Perché l'uomo pensa, perché per es. calcola le dimensioni di una caldaia a vapore e non lascia che sia il caso a determinare il suo spessore? Il Calcolo impedisce forse che la caldaia esploda? No, la caldaia può naturalmente scoppiare malgrado il calcolo. Ma come l'uomo che si è bruciato una volta non infila più la mano nel fuoco, così non rinuncia neppure a calcolare le dimensioni della caldaia ... Se ora mi domandano: Hai avuto ragione di usare uno spessore di 15 mm? Dormi tranquillo? Devo rispondere con la controdomanda: Che cosa significa 'ragione'? Se intendete che sappiamo che la caldaia non può esplodere, non ho avuto ragione; se invece che con questo calcolo ho stabilito le dimensioni della caldaia, allora ho ragione », *Wittgenstein und der Wiener Kreis*; Gespräche, aufgezeichnet von F. Waismann, a cura di B. F. McGuinness, Frankfurt am M. e Oxford, 1967, pp. 171-72; trad. it. di Sabina de Waal, Firenze, 1975, pp. 162-63. « A che scopo l'uomo pensa? A che gli serve? — Perché costruisce le caldaie in base a *calcoli* e non affida al caso la resistenza delle loro pareti? Dopo tutto è soltanto un fatto di esperienza che le caldaie, così calcolate, non esplodano tanto spesso! ... Però siccome le cause non ci interessano, — diremo: Sta di fatto che gli uomini pensano; per esempio, quando costruiscono una caldaia procedono in questo modo. — È impossibile che una caldaia, costruita in questo modo, esploda? Oh, sì »; « Dunque l'uomo pensa perché il pensare ha dato buoni risultati? Perché pensa che sia vantaggioso pensare? (Educa i figli perché ciò ha dato buoni risultati?). Come si potrebbe scoprire *perché* pensa? » (*Philosophische Untersuchungen*, I, 466-68; trad. it. cit.).

22 Cfr. *Philosophische Untersuchungen*, I, 25.

23 Cfr. *Philosophische Untersuchungen*, I, 97.

24 *Philosophische Untersuchungen*, I, 381; trad. it. cit.

25 L. WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, a cura di G. E. M. Anscombe e G. H. von Wright, Oxford, 1969, sez. 530.

26 « Ma non ci si può immaginare che non vi siano oggetti fisici? Non lo so. E nondimeno 'Ci sono oggetti fisici' è un non-senso. Dovrebbe essere una proposizione empirica? E *questa* è una proposizione empirica: 'Sembra che vi siano oggetti fisici'?»; «'A è un oggetto fisico' è l'insegnamento che noi diamo soltanto a chi o non comprende ciò che 'A' significa, oppure non comprende ciò che 'oggetto fisico' significa. È un insegnamento sull'uso delle parole e 'oggetto fisico' è un concetto logico (come colore, misura, ...). Ed è per questo che non si può costruire una proposizione come 'Ci sono oggetti fisici' »; « All'espressione 'Io so che qui c'è la mia mano' può seguire la domanda: 'Come lo sai?' E la risposta presuppone che *ciò* possa essere saputo *così*. Invece di 'Io so che qui c'è la mia mano', si potrebbe dire: 'Qui è la mia mano' e aggiungere *come* lo si sa », L. WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, cit., sezioni 33, 36 e 40.

27 G. E. MOORE, *A Defence of Common Sense*, in *Contemporary British Philosophy, Personal Statements*, second series, a cura di J. M. Muirhead, London, 1924, pp. 193 sgg.

28 Cfr. G. E. MOORE, *Proof of an External World*, in 'Proceedings of the British Academy', XXV, 1939, pp. 273-300; ristampato in ID., *Philosophical Papers*, London, 1959, pp. 145-46.

29 Cfr. N. MALCOLM, *Moore and Ordinary Language*, in *The Philosophy of G. E. Moore*, a cura di P. A. Schilpp, New York, 1952, p. 384; A. AMBROSE, *Moore's Proof of an External World*, *ivi*, pp. 398 sgg.

30 « Quando qualcuno se ne è convinto, dice allora: 'Sì, il calcolo è esatto', ma egli non ha inferito ciò dallo stato della sua certezza. Non si inferiscono i fatti dalla propria certezza. La certezza è *per così dire* un tono con il quale si dichiarano i fatti, ma non si inferisce dal tono che egli è giustificato »; « È falso dire che l'"ipotesi' che questo sia un pezzo di carta, verrebbe confermata o refutata dall'esperienza successiva, e che in 'Io so che questo è un pezzo di carta', l' 'io' si riferisce ad un'ipotesi siffatta o ad una determinazione logica », WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, sezioni 30 e 60.

31 « Ma io non ho la mia immagine del mondo perché mi sono convinto della sua correttezza. Bensì è lo sfondo ereditato in base al quale io distinguo tra vero e falso », *ivi*, sez. 94.

32 « Non si tratta del fatto che *Moore* sappia che qui c'è una mano, bensì della circostanza che noi non lo capiremmo, se egli dicesse: 'Naturalmente posso sbagliarmi'. Noi domanderemmo: 'Di che tipo sarebbe un tale errore?' ad esempio, di che tipo sarebbe la scoperta che si trattava di un errore? » *ivi*, sez. 32. « Da bambini apprendiamo fatti, per esempio che ogni uomo ha un cervello, e li accettiamo fiduciosamente. Io credo che ci sia un'isola, l'Australia, di forma così e così; io credo di aver avuto bisnonni, che le persone che si sono dichiarate come i miei genitori fossero realmente i miei genitori, ecc. Questa credenza può anche non essere mai stata espressa; anzi, perfino il pensiero, che la cosa sta così, può non essere mai stato pensato », *ivi*, 159.

33 Cfr. G. E. MOORE, *A Defence of Common Sense*, cit., pp. 197-98.

34 WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, sezioni 165-67.

35 *Ivi*, sezioni 109-10. Cfr. 204: « Ma la fondazione, la giustificazione dell'evidenza giunge ad una fine; — la fine non è che certe proposizioni ci colpiscono come immediatamente vere, cioè non è un certo tipo di *vedere* da parte nostra, ma è il nostro *operare* (*Handeln*), il quale si trova a fondamento del gioco linguistico.

36 *Ivi*, sez. 131.

37 *Ivi*, sez. 148.

38 *Ivi*, sez. 105.

39 *Ivi*, sez. 298.

40 *Ivi*, sez. 477.

41 *Ivi*, sez. 651.

Science and Common Sense

ALDO GARGANI
Università di Pisa

It seems true to say that science, with its mechanistic structure, has separated knowledge from common sense particularly since the 17th century. The thesis of Galileo, Descartes, Hobbes and others on the subjectivity of perceivable qualities has dispossessed the objective physical universe of the tastes, smells, and colors (along with ethical and aesthetic values) used by common sense to form its perception of the physical world. Thus science seems to have devalued the ordinary channels through which common sense establishes contact with physical objects.

Furthermore, with the introduction of increasingly refined and pervasive mathematical techniques, science seems to have deprived the layman and popular opinion of their view of nature. Ordinary experience seems to allow man to satisfy his daily needs but no longer serves as a useful or suitable instrument for true and scientifically controlled awareness. Koyre's thesis[1] seems plausible and almost obvious, but in fact it depends on a conception of common sense in terms of a natural and spontaneous attitude maintained by all individuals. Here is an important distinction. On one hand there is a concept of reality in the ordinary sense as a collection of points of view about nature subject to the rules of an unvarying and ingrained psycho-physical code characteristic of man. In other words, one only needs to be a man to have it. In daily life men have common sense just as they shed tears or sweat. On the other hand there is the growth and development of science as a collection of statements subject to experimental verification and logical mathematical formulation that produce improvements and new order in scientific knowledge. The ordinary man and popular beliefs are the constants in history whereas science could be presented as a structure which, both because of its cumulative development and its crises, seems to be an advancing theoretical and intellectual form equipped with an internal capacity for growth and development. If this is so, common sense would seem to have nothing to offer science and would be destined to exist next to science as a marginal area of manners, attitudes and viewpoints neither touched nor modified by scientific knowledge.

In fact, common sense is like a field ploughed by the methodological techniques of science and philosophy. What Descartes and Hobbes reject as subjective qualities, or the erroneous distorted opinions of the common man, is simply the same collection of viewpoints and concepts used in premechanistic science. The terms, vocabulary and empirical reference points for the science and philosophy that preceded the advent of the mechanistic school were formed from perceivable and subjective qualities, such as heat, cold, sweetness and bitterness, or the ultimate values of harmony and beauty, before moving entirely to the realms of common sense (following the efforts of Bacon, Galileo, Descartes, Mersenne, Hobbes and others). While 16th century Aristotelianism and the forms of scholastic philosophy devised the natural knowledge in abstract intellectual processes to be ap-

plied to the 'phantasms' of perception, the scientific and philosophical naturalism of the 16th and 17th centuries devised techniques of conceptualization for finding an order and a system of universal communication for given data. It is in these conceptual frameworks and in these scientific-philosophical forms that one finds the so-called rules, the models for intellectual conduct that the 17th century new scientific movement rejected as belonging to the layman; and the layman was flawed by prejudice, by false opinions and particularly by distortion of perception brought about by sense organs. Many scientific and philosophical treatises of the 17th century open with the development of the obligatory theme, indicating the subjectivity of perceivable qualities. Starting with these texts[2] the physical universe is dispossessed of its traditional materials and properties. One discovers that it was man who gave the physical world these properties. At the same time it is found that our perception contains an insurmountable tendency towards illusion. In his perception man is ripe for error.

In fact, science has always maintained a relationship with what is defined as common sense. Science established its territory from it. In other words, there has never been a common sense or a model of natural experience that was not defined by the strategies inherent in the progress of knowledge and in theoretical development. Since the 17th century, common sense and popular ideas and methods of ordinary perception became subject to the power of the scientific-philosophical theories that promoted the new science. It is the great mechanistic science that organizes and codifies ordinary opinions and at the same time penalizes the mistaken and illusory effects of perception. But all the objects and all the terms of this indictment, before even forming common sense or popular opinion, are the remains of an historically prior knowledge that was refused and rejected.

Rather than being a natural and spontaneous attitude, common sense is the expression of a scientific degradation brought by the mechanistic theories in reaction to the preceding scientific-philosophical outlines of knowledge that had been founded on values and meanings that were absent from the physical universe. Thus common sense and popular thought become the name given to a state of knowledge that one no longer intends to recognize and validate. When Descartes[3] attributes the doctrine of the physical vacuum to human perceptive illusion, he ascribes ordinary perception with what he assumes to be an error in the physical theory. Common sense is a degraded science.

One must point out that common sense forms a discussion without a subject. In other words, it is a term of reference for many discussions but it is neither the subject nor the creator of any. Common sense and ordinary opinion are subordinate to the power of codification of an existing scientific discussion that advances and regresses but remains the arbiter of the cognitive abilities that are attributed to common sense and common language. In a certain way, common sense and opinion can never be clarified. But it would be wrong to seek a hidden substance or a latent trend in need of liberation, and then enter peremptorily in a clarifying discussion that would finally demonstrate the spontaneity or the naturalness of ordinary feeling, of the beliefs of the common man. There is no latent or repressed creator or subject that expects liberation. If common sense were to speak (accepting the false supposition of such latency) it would only say what it is obliged to say by the discursive powers to which it is subject. Common sense does not have a judicial personality in discussions; it does not have an internal quality that can be brought to the exterior but it is always the distant term in a discussion that takes place elsewhere.

We can see that common sense is not the manifestation of a natural and spontaneous structure of man but the object of definition and codification of the strategies of science.

This is evident when one declares there is a coincidence between one form of knowledge, that one wishes to refute, and common sense or ordinary perception. When Bacon says that Aristotle built his philosophy on common sense and that it is too empirical[4], he is only pointing out the identity that the movement of the new science establishes between common sense and a degraded form of knowledge. Yet those who ascribe the Ptolemaic concept to common sense but ascribe Copernican doctrine to a scientific and rational thought, that could escape the false appearance of common sense, are they not doing the same thing? In how many books on the history of science, philosophy or epistemology have we read that the Copernican revolution would simultaneously have contradicted common sense and Ptolemaic doctrine? How many times have we heard how slowly men would learn to distrust their deceptive senses after the Copernican doctrine? It is a little like saying that common sense is Ptolemaic while scientific thought is Copernican-Galilean. But in using this trite remark we have only given homage to an interpretive outline desired by mechanistic science which undermines the Ptolemaic doctrine and degrades it to the level of common sense and ordinary opinion. In fact a perception of common sense that is more Ptolemaic than Copernican does not exist. Nor can one say that sense perception is geocentric and that instead scientific doctrines are heliocentric. There simply has not been any sense perception to which the Ptolemaic system could be linked or that could be a direct connection for this system in the physical world. Despite the very famous theme of the illusory quality of the senses (why, for example, does a stick immersed in water seem broken, without considering that our senses are able to assert that in reality it is not broken) the Ptolemaic system is not a rationalization of the misleading data of ordinary perception, since no one has ever had the perception of the rotation of the sun and one must instead say that everyone had perceived the varying positions of the sun with regard to the horizon. Ordinary perceptual data does not validate the Ptolemaic theory, nor its source of inspiration. If one wanted to say that common sense could 'see' the sun rotate around the earth, this would only signify that there was an internally interpreted perception of a theory of a particular kind (in this case, the Ptolemaic doctrine). Common sense was declared illusory from the moment philosophers and scientists considered an astronomical doctrine, which relied on perception based on ordinary experience, to be illusory. Common sense was penalized at the same time as the refutation of the astronomical theory. It is because of this that I say that common sense is actually a down-graded scientific theory.

Common sense is no one's territory: its features can vary according to the configurations given from the techniques of knowledge. For example, it would be banal to say that Aristotelianism is the philosophy of common sense since it was actually Aristotelianism that formed a certain structure of common sense. And if one regards Aristotelianism from a distance, one also rejects the common sense that seemed its source of inspiration. Common sense is the involuntary accomplice in our intellectual enterprises and is where scientific-philosophical theories relegate what is not science. Common sense has the strategic form for the preliminary background of scientific enterprise. But if common sense is a strategically ordered place, though not a depository for scientific truths, it nevertheless has a controllable and significant relationship with the system of scientific knowledge. It is not a peripheral or wild, abandoned area. On the contrary, it is the decorated set in a theatre equipped for the performance of the parts that a new scientific and philosophical imagination project on it.

With regard to the limits to which human knowledge is subject and man's incapacity to embrace the links in understanding in the physical world such as, for example the

cause of cohesion of material parts, Locke turns common sense into an area poorly provided with the instruments of knowledge, but otherwise equipped with secure indications for orientation in the course of daily experience[5]. Common sense contains the necessary and sufficient elements for producing action. But this does not mean that for Locke common sense contains the minimal cognitive expression for producing decisions and actions. For Locke common sense is not an autonomous and independent source of knowledge. It does not provide a degree of evidence that, even within restricted limits, would be the suitable condition of knowledge for promoting action. Instead, on the basis of and concomitantly with the experiences produced and accumulated in everyday life, decisions, movements and actions are taken by men. The fact that a decision is made or an action is taken is evidence of sufficient orientation produced by common sense for the preservation of human life and its well being. Descartes and Locke have written two different but complementary stories about the candle: Descartes achieved an intellectual scheme free from any quality of common sense[6]. Locke saw the other side: the degree of intensity of ordinary experience that is sufficient in order not to put our finger in the candle flame[7]. But Locke tells us that we do not know how much knowledge is necessary in order to produce this behaviour. On the contrary, the event, the actual production of the action, of the behaviour, serve to measure the adequacy of common sense for the purposes of human life. Concomitant with a scheme of scientific knowledge characterized by a general hypothesis of the vacuist and corpuscular kind which incidentally, is not the premise for any concrete scientific reasoning[8], common sense, in Locke's view, becomes a practical index that can serve to preserve human life and the material goods to which it is linked. Science and common sense uphold each other; they are areas that share the different tasks and abilities. For Locke, common sense is everything that science is not; thus it is odor, smell, taste mixed with empirical elements that create secure guides for practical orientation. Physical corpuscular and vacuist science of his time is an ideal model of knowledge though difficult for men to apply because of the limit of their faculties.

It would be superficial to study the idea of common sense without investigating its strategic relationship with educated and official knowledge. Common sense is a foil for scientific knowledge. Science has not maintained its relationship with common sense in only one exclusive way. We are not dealing with a line but with a network of relationships when we explore those relationships starting with the movement of the new mechanistic science in the 17th century. While on one hand common sense is a refuted and rejected form of knowledge, on the other it is also a maleable substance destined to acquire the configuration impressed on it by the strategies of founding and validating scientific knowledge. The true theoretical nuclei of scientific hypotheses have never travelled alone but have been accompanied by theology, philosophy and discursive forms traced in the space of social imagination. Scorning the criterion of economy of entities and concepts, the Newtonian inverse square law advanced along with the notion of non-mechanical causality of this marvellous structure of the universe[9] rendered dynamic by the providential and beneficial intervention of God, to ultimately achieve beauty and harmony within an absolute defined time and space like the sense organs of divinity. In the course of later historical events, the nucleus of Newton's theory of gravity replaced these accessory notions. As Mach says they were recognized as secondary representations (*Nebenvorstellungen*) of the scientific hypothesis[10].

If something is not science, it is not necessarily against science. Common sense can also impersonate roles that prove to agree with certain models of scientific or philosophical knowledge. Hegel's system does

not move from the highest positions of knowledge and rationality. In contrast with Fichte and Schelling who proceed from the most elevated theoretical examples, descending towards forms of ordinary knowledge, Hegel, in *Phänomenologie des Geistes* develops a science of the experience of the conscience in which he moves in the direction of a model of self-reflected absolute knowledge and rationality starting with the ordinary situation of perceptive experience. Following this path the scheme we initially considered as the dominant reference system is preserved. Common sense is considered the depository of all forms of degraded scientific knowledge. Thus in his criticism of ordinary knowledge, Hegel attacks a whole collection of official scientific and philosophical doctrines.

In the 'Perceivable Certainty' (*die sinnliche Gewissheit*) of common sense one easily recognizes Protagoras's sensationalism taken up by Theaetetus in the Platonic dialogue; in the character of perception (*Wahrnehmung*) the world of things and their attributive properties is the world of objects organized through daily experience. But it now is also the world of Locke and Kant (when Hegel ascribes unity to the object itself and multeplicity of the perceptible properties to conscience)[11]. And it is the world of Leibniz that recognizes the diversity in the object, which is understood as indifferent multeplicity, and returns its unity to the work of the spirit[12]. More or less unconsciously we relegate to common sense the remains of knowledge that we want to remove and from which we wish to relieve ourselves.

But the strategy of abandoning and removing is not the only one that disciplines the relationship between science and common sense. A multiple strategy for reference exists. Common sense forms the animating background for scientific construction. If ordinary thought does not offer an acceptable picture of reality, it can maintain an immanent norm of development in order to progress to where it is not a receptacle for distortions of independent objects and things but instead has itself as its unique function, since the *Absolute* is a *subject* and not a substance[13]. If the science of reason can no longer be confused with the false approach of a knowledge that is empty but surrounded by independent and external things, it will be the desire (*Begierde*) of self-understanding, inherent in the ordinary thought, that becomes the propitiatory factor for a reality of much self-knowledge[14]. The ordinary thought advances erratically. It is a unit that does not recognize the development of knowledge to which it is linked. But there is an eye, as it were, that surveys from above the progress of the experience of knowledge. It is the same process but, following Hegel, is no longer regarded just *for itself*, but *for us*[15]. In other words, it is considered for the scientific-philosophical knowledge achieved which regulates the movement of the ordinary thought and its false criteria of truth in a strategic path aimed at absolute knowledge, where no other traces will be found. In this version, common sense, in addition to forming the non-scientific, non-rational element, is also a support for science because it is from the tangle of its prejudices and its distorted images of truth that the strong fibers of authentic knowledge come. It is the turning from this tangle of false assumptions, forming the experience of common knowledge, that confers on Hegelian absolute knowledge of the strategic inspiration to build itself into a *total knowledge* including itself and also what is, so to speak, not itself. It is just because it is not science that common sense acquires one of its most significant properties, that of offering concrete titles that adhere (though not in terms of knowledge) to reality, to daily experience. The low, degraded and humble empiricism is a not-knowing or wild knowledge that is used strategically (despite its distortions and naiveté) as a symptom of the concrete, of experienced reality, a form of pre-categorical archeology. And since this is the strategic will imposed, it is not important that behind common sense are hidden Protagoras, Ptolemy, Ari-

stotle, Locke and Kant. Does common sense know it is common sense?

In this disguised form of not-knowing, ordinary thought forms the basic scene for actions for knowledge. Common sense, a variable of this function can also become the physiological form of the biological substrate of science. Common sense and popular belief serve as the fabric for proper scientific operations. « Scientific thought arises out of popular thought, and so completes the continuous series of biological development that begins with the first simple manifestations of life »[16].

Scientific knowledge shares with ordinary knowledge and with ordinary imagination (*vulgären Vorstellungslebens*), from which it comes, the function of conceptual integration (*gedankliche Ergänzung*) of experience which inevitably is partial and has weaknesses. A hunter, on the basis of a few necessarily limited observations imagines the way of life, the behaviour of his prey, and Galileo on the basis of certain partial data — position, direction and initial velocity of a projectile — proposes to represent to himself a whole trajectory. They both achieve the same ultimate conceptual integration of data observed in ordinary experience[17]. The conceptual completion from a partial experience, brings the knowledge of natural science, but first it serves the biological adaptation of the organism to the environment.

This is what they share. But common sense, or ordinary thought and science diverge after having briefly advanced together. If science maintains its fundamental motivation which is also at the basis of ordinary thought (under the form of adaptation for survival by means of mental integration of data) it nevertheless soon diverges. According to Mach, developed scientific thought does not serve for merely practical purposes (*praktischen Zwecken*) linked to the satisfaction of vital needs (*der Befriedigung leiblicher Bedürfnisse*). Instead it creates 'its own goals'[18] of a purely cognitive nature.

Once detached from the same source of a partial and limited experience which is at the basis of ordinary knowledge, scientific thought achieves full knowledge, independent of practical implications. But now it is exposed to the uneasiness and anxiety generated within itself, and which are of a different kind than those that afflict common thought. « The more vigorous mental exercise of scientific thought fashions its own ends and seeks to satisfy itself by removing all intellectual uneasiness »[19]. Here is a prefiguration of Wittgenstein's theme of philosophical and analytical work as an elimination of uneasiness, of intellectual anxiety that arise in the course of conceptual disciplining of experience. Intellectual conduct creates goals whose achievement leads it to becoming enmeshed by the very rules it established. « The fundamental fact here is that we lay down rules, a technique, for a game, and that then when we follow the rules things do not turn out as we had assumed. That we are therefore as it were entangled in our own rules. This entanglement in our rules is what we want to understand (i.e. get a clear view of). It throws light on our concept of *meaning* something. For in those cases things turn out otherwise than we had meant, foreseen, That is just what we say when, for example, a contradiction appears: 'I didn't mean it like that'. The civil status of a contradiction, or its status in civil life: there is the philosophical problem »[20].

In Mach's view, scientific thought arises from the same source as common sense and opinion. Although oriented towards conceptual integration of a partial experience, nevertheless scientific thought in the course of its development, acquires a goal of an exclusively cognitive nature. But even after the gap in quality, scientific activity is invariably destined to generate a more prepared and controlled portrayal of the facts that is at the same time a function of adaptation (*Anpassung*) to experience. Yet in the autonomy and in the logical purification of its direction, scientific thought nevertheless serves those same goals to which popular thought and common sense are directed, even if they have a more limited and precarious form, and above all

are linked to particular practical needs. The biological and anthropological periods in the passage from common thought to scientifically controlled thought through observation and mathematical calculation have changed the language and strategy of research, not the goal which is always that of the best adaptation for the environment. In Mach's strategy, science recognizes in common sense not the methods and procedures for its own research (that have obtained an autonomous and independent status) but the motivation, interest and anthropological sanction for it. The body of scientific statements transmitted finds the validation of its own procedures and of the theoretical choices that are presupposed in the integration of a partial or incomplete experience with which common thought can be adapted. The hunter who 'integrates' in a conceptual or representative line the behaviour of his prey and Galileo who 'integrates' the trajectory of the projectile whose initial position and velocity are known, share a common goal. Science finds its own 'why' for the investigation into the *soma* of common sense. Common sense offers science a genesis, a motivation, a collection of behavioural attitudes of perception to adapt to the environment. Thus science becomes the sublimated language of common sense.

No longer is the relationship with higher functions of the soul justified, as Aristotle had viewed it. He had developed a topology of knowledge that gave science a sort of intellectual place just as he assigned *natural places* to fire, air, water and earth. According to Mach, science is no longer rooted in a natural propensity for knowledge (that would distinguish men from animals). Science emanates from the womb of common sense and is the daughter of need and the desire for survival. « Why do I think? », « Why do I calculate? », one wonders. The answer comes that we think and calculate in order to avoid having a steam boiler explode.

We think because we want to live. Common sense, popular thought are strategically organized and used as the language not of knowledge but of need, not of calculation but of the need to promote calculation. Science and common sense correspond to a methodological distribution respectively, of calculation + observation on one hand, and need and goals in the biological sense, on the other. There is another alternative: we calculate, we think not *because* we live but simply *in the way in which we live.* Calculation and thought are part of our life; they are not results, consequences or effects of it. We say that we think, we calculate the data about the steam boiler because we want to live. But we certainly do not ask: why do we live?[21] And thus Wittgenstein, in considering speech, thought, and calculation as so many parts of our lives, defined our intellectual operations as marks of ordinary behaviour of man. They are natural activities like eating, walking and drinking[22]. This does not imply a naturalistic version of such operations as if they were manifestations of neurons, of nerve filaments, of muscles. It means that with them we must not pose the problem of a theoretical validation and of logical foundation. Simply because the explanations have an end, or because at a certain point the spade encounters a rocky layer that bends it, Wittgenstein expressed a definite renounciation of the strategy of duplication and reflection arising from foundational ambitions.

In a certain sense, with Wittgenstein, intellectual conduct becomes part of our form of life rather than corresponding to the acts of thought, speech and calculation which had been understood by the mental tradition of our culture. Thought, speech and calculation no longer have the sublime aura of idealness and a profound interior quality. In obvious accord with this Wittgensteinian assumption is the circumstance that superconcepts (*Über-Begriffen*) of « I », « world », « thought », « language », « mind », that established the scientific-philosophical superorder (*Über-Ordnung*) are philosophically weakened and redirected from their metaphysical use to their use in daily life[23]. But would Wittgenstein have reduced,

without any remains, the most elevated form of knowledge to common sense, to daily human behaviour? In fact, we are dealing with a different kind of solution. Wittgenstein has discovered the presence of a knowledge and a grammatical-theoretical structure that are inherent to common sense. In what appeared to be spontaneous and natural expressions of ordinary perception, Wittgenstein finds a mark of knowledge, the activation of grammatical paradigms. Wittgensteins' analysis takes common sense for what it is, that is, a collection of habits and grammar of perception, of discursive techniques disciplined by rules. Wittgenstein brought to light the grammatical foundation used in common sense and in popular thought. He replaced what had always seemed to be natural, spontaneous and immediate common sense expressions of knowledge with grammatical codes, training, conventions and linguistic stipulations.

« How do I know that this color is red? — It would be an answer to say: 'I have learnt English' »[24]. « I may tell someone: 'This color is called red in English' (when, for example, I am teaching him English). In this case I should not say 'I know that this color ...' — I would perhaps say that if I had just now learned it, or by contrast with another color whose English name I am not acquainted with »[25].

The grammar, the rules that discipline the use of expressions in our language, an entire regime of conventions and decisions replace the picture of common sense that was traditionally presented. Gone is the immediate natural evidence that came before any theoretical undertaking, regarding what things there are and what properties could be ascribed to them.

Two days before his death, Wittgenstein wrote the last sections of *Über Gewissheit* in which he exposed the grammatical and paradigmatic nature of the propositions that even recent philosophical tradition had interpreted as a system of beliefs or statements of a cognitive character. Rather than statements of existential importance, rather than irrefutable and intuitive certainties that only needed to be indicated or evoked, as G.E. Moore had believed in his essays on common sense, the beliefs of Moore on the reality of external objects, on past events, on others' minds proved to be expressions of the grammatical rules that discipline the linguistic articulation of experience[26]. In a series of 'truisms' on common sense, Moore had codified an entire collection of invincible ontological certainties of the following kind: « There exists at present a living human body, which is *my* body. This body was born at a certain time in the past, and has existed continously ever since, though not without undergoing changes »[27]. In *Proof of an External World* (1939) Moore answers the idealist philosophers who had denied the reality of material things, of the minds of others and of events in space and time. « I think, therefore, that in the case of all kinds of 'things', which are such that if there is a pair of things, both of which are of one of these kinds, or a pair of things one of which is one of them and one of them of another, then it will follow at once that there are some things to be met with in space, it is true also that if I can prove that there are a pair of things, one of which is of one of these kinds and another of another, or a pair both of which are of one of them, then I shall have proved *ipso facto* that there are at least two 'things outside of us' ... I can prove now, for instance, that two human hands exist. How? By holding up my two hands, and saying, as I make a certain gesture with the right hand, 'Here is one hand', and adding, as I make a certain gesture with the left, 'and here is another'. And if, by doing this, I have proved *ipso facto* the existence of external things, you will all see that I can also do it now in numbers of other ways: there is no need to multiply examples »[28].

Moore made these assertions with the assurance of one who is relating his own experiences or events that happened to him. With the same candor, he speaks in cogni-

tive terms of his own hands, of the bodies of others, of an ink pot. On the other hand, how could one who is pointing to an ink pot and holding it in his hand not be convincing? The critics have observed that Moore simply begs the question[29]. But their objections bear the same naiveté that guided Moore in his conviction that his 'truisms' were actual knowledge. It is not a matter of criticizing Moore for not having *demonstrated* what he asserts, but rather a question of avoiding the erroneous ontological interpretation that both Moore and his critics give their own beliefs and statements on common sense. In fact, the truisms, the beliefs of common sense, as they acquired a cognitive character of certainty represented the relics of that Victorian world of stability which exchanged logical and grammatical points of view for certainty of knowledge. It was a world which both Moore and Russell had tried to bring into question. The statements with which Moore believed he could give a voice to so-called certainty of common sense were not, in fact, expressions of knowledge that could be confirmed or refuted by experience[30].

Following Moore's interpretations, those propositions came to delineate a mythological picture of the world. Wittgenstein had discovered its grammatical and conventional character. They constituted the inherited background (*der überkommene Hintergrund*) in which pictures of experience can be and are disciplined in a simple and symmetrical way[31]. In contrast with the truisms listed by Moore with their presumed status of certainty of knowledge, with their ordinary or popular meaning, Wittgenstein replies that the things that we say we know with absolute certainty are things that we have learned. Invincible belief in them may also never have been expressed or thought. They are a collection of learned terms and paradigms that come before doubt, confirmation or refuting[32].

The expression of knowledge in numerous beliefs of common sense hides their origin in a social training that induces habits in our normal conduct and paradigms of description of the situations that surround our life. Referring to Moore's statement « I know with certainty that the earth had existed for many years before my body was born »[33], Wittgenstein replies, « One child might say to another: 'I know that the earth is already hundreds of years old' and that would mean: I have learnt it. The difficulty is to realize the groundlessness of our believing. It is clear that our empirical propositions do not all have the same status, since one can lay down such a proposition and turn it from an empirical proposition into a norm of description »[34]. Rather than giving terms reflecting efforts of knowledge, the statements of common sense express the arbitrary grammatical and linguistic stipulations and assumptions to which intellectual doubts, perplexity, anxiety are linked and also the responses. *They are the place of doubt, but not in turn objects exposed to doubt.* The beliefs of common sense do not have the significance of the rays of knowledge that human eyes would project on things and thus illuminate them. They are rules, comparable to those of a game, that discipline the conduct of men in the circumstances of their lives. These rules can remain in a latent stage, having an implicit status to which a form of life is anchored. At their base there is not an unfounded conceptual presupposition, but a way of acting which is itself ungrounded. « 'An empirical proposition can be *tested*' (we say). But how? and through what? » « What *counts* as its test? — 'But is this an adequate test? And, if so, must it not be recognizable as such in logic?' — As if giving grounds did not come to an end sometime. But the end is not an ungrounded presupposition: it is an ungrounded way of acting (*unbegründete Handlungsweise*) »[35]. Experience is not « the ground for our game of judging »[36] because it is a behaviour, a means of acting inherent in our form of life that create the last sanction of the paradigms of our judgment. « Why do I not satisfy myself that I have two feet when I want to get up from a chair? There is no why. I simply don't. This is how I

act »[37]. The collection of certainties of popular thought, over which Moore trustingly extended the net-work of his philosophical analysis, is a system of decisions and rules that are often implicit. It forms not so much the starting point for our argument as the life element (*Lebenselement*) in which our arguments are formed and are spread[38], in which judgments and inferences can be made. « 'We are quite sure of it' does not mean just that every single person is certain of it, but that we belong to a community which is bound together by science and education »[39]. Why should language rest on some kind of knowledge?[40] The decision that fixes the paradigm of thought, judgment, calculation and hope is inherent to a form of operation that is part of our life. The beliefs and the evidence of ordinary popular thought as well as mathematical propositions are paradigmatic of our behaviour and are « in the same degree liable to forgetfulness, oversight and illusion »[41].

Common sense is not the creator of its presumed discussion; it is not for this that it presents itself or is dismissed. It is actually the term of a strategic operation carried out by actual knowledge; it is also an instrument for exchange, so to speak, for science and philosophy. Science and philosophy have always administered common sense and popular thought by means of a system of prohibitions and permission, and using a varied distribution of knowledge and ignorance. In the realms of both certainty and illusion, common sense has behind it the support of a knowledge that is neither common nor popular. We find that what goes under the name of common sense is a function delegated by scientific-philosophical thought in progress. It is inserted within the enormous network where parts of knowledge are structured with other parts, with other fragments of science. The supposed evidence of common sense represents a naive and primitive stage of philosophical work when it is presented in terms of knowledge. The neo-realist Cambridge philosophers at the beginning of this century had assumed the paradigms of our language such as 'grass', 'green', 'hand', 'planet', as entities, processes and therefore as terms of propositions of knowledge that, in a specific case, were certain and evident. In addition, the notions of logic, such as those of propositional class and function had been assumed as logical and atemporal objects of the Platonic sort. Charged with a cultural task and a social commitment, that led towards values of stability, the Cambridge philosophers had transformed into ostensible or even palpable things or processes, things that were neither objects nor processes but rather instruments that serve to handle situations in our life. The instruments used to trace the conditions of the discussion had been wrongfully transformed into objects of discussion. The inexorability of the certainty of knowledge attributed by G.E. Moore to the beliefs of common sense, to his 'truisms', descended exclusively by means of a kind of tautology, from the fact that certain linguistic paradigms and not others are ordinarily used and practiced. With this awareness we reach the last curve in tracing the vicissitudes of knowledge in which we no longer find immediate certainty and evidence and thus we no longer find the mythological faces of their bearers, the so called knowing subject on one hand and their presumed ontological foundation on the other; in other words, the things and processes surrounded by the trail of their properties. Thus the notion of certain and direct reflection fails. What appears actually to be there proves to be the consequence of linguistic acceptance in which we experience the joint action of certain paradigms of interpretation. But this should free us from the lowly philosophical artisan of knowing subjects that project their rays on things and on nature.

In fact, things and nature are both involved in the processes of grammatical structure that require cognitive procedure to be put into action. The supposed certainties and evidence of common sense manifest static concepts that deceptively represent

the objects of experience as an already given system of entities and that has a meaning that is independent and autonomous from constructive techniques employed in the learning process (for example, in the operations of counting and measuring). The terms of the generative function of our thought and our language have been transformed, in the course of the philosophies of common sense, into static concepts of things that have an absolute existence. The notion of common sense, that a long scientific-philosophical tradition gave a collection of immediate certainties and evidence, is the heir to the mythological projection of a state of nature, of a golden age of knowledge. It corresponds to the idea of an acquired knowledge without work or effort, and beyond the constructive processes of proofs, attempts or errors.

A. G.

Translation: F. SEGRÉ WALSBY - GWYNEDD (U.K.)

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 « Yet there is something for which Newton — or better to say not Newton alone, but modern science in general — can still be made responsible; it is the splitting of our world in two. I have been saying that modern science broke down the barriers that separated the heavens and the earth, and that it united and unified the universe. And that is true. But, as I have said, too, it did this by substituting for our world of quality and sense perception, the world in which we live, and love, and die, another world — the world of quantity, of reified geometry, a world in which, though there is place for everything, there is no place for man. Thus the world of science — the real world — became estranged and utterly divorced from the world of life, which science has been unable to explain — not even to explain away by calling it 'subjective' » (A. KOYRÉ, *Newtonian Studies*, London, 1965, p. 23).

2 See in *Saggiatore* the Galilean thesis of the subjectivity of perceivable qualities. « I believe that these tastes, odors, colors, etc., for the subject in which they reside, are nothing but pure names, but they only reside in a sensitive body so that if the animal is removed, all these qualities are removed and annihilated », in *Opere, Edizione Nazionale*, Firenze, Vol. VI, Firenze, 1896, p. 348. In his *Dioptrique* Descartes affirms that, « it is not necessary to assume the transmission of something material from the object to our eyes in order that we may see colors and light, nor even the occurrence in the object of anything resembling or ideas or sensations of it ... Thus your soul will be freed of all those little images that exist in the air, the so called *intentional species* (*espéces intentionelles*) that so tire the imaginations of the philosophers ». See *Oeuvres de Descartes*, C. ADAM and P. TANNERY (eds.), Paris, 1902, t. VI, p. 85; « light is nothing else in bodies which we call luminous than a certain movement, or action very prompt and lively which passes to our eyes by the agency of the air or other transparent bodies, in the same fashion as the movement, or the resistance of bodies encountered by a blind man passes to his hand by means of a stick », ibid., p. 84. In his treatise on optics in English Hobbes gives Descartes the credit for having stated the principle of the subjectivity of perceivable qualities: « Monsieur de Cartes ... only shath sett forth the true principle of this doctrine, namely that the images of objects are in the Fancie, and that they fly not through the aire, under the empty name of *Species intentionales* but are made in the braine by the operation of the objects themselves ». See *A Minute of first Draught of the Optiques by Thomas Hobbes at Paris 1646*, Harley Ms. 3360, British Museum, The Second Part, pp. 3-4; in *De Corpore* Hobbes writes, « the object is the thing received; and it is more accurately said, that we see the sun, than that we see the light. For light and colour, and heat and sound, and other qualities which are commonly said sensible, are not objects, but phantasms in the sentients », in *De Corpore*, IV, 25, 3, in *The English Works of Thomas Hobbes, now first collected and edited by Sir William Molesworth*, London, 1889, Vol. I, pp. 391-92.

3 « And when we take this word vacuum in its ordinary sense, we do not mean a place or space in which there is absolutely nothing, but only a place in which there are none of those things which we expected to find there. Thus because a pitcher is made to hold water, we say that it is empty when it contains nothing but air ... for we are not wont to consider things expecting those with which our senses succeed in presenting us » (*Principia Philosophiae*, II, 17, in *Oeuvres de Descartes*, cit., t. VIII, Paris, 1905, p. 49; Eng. trans. *The Philosophical Works of Descartes* trans. by E. S. Haldane and G. R. T. Ross, p. 262).

4 « But the Empirical school of philosophy gives birth to dogmas more deformed and monstrous than the Sophistical or Rational School. For it has its foundations not in the light of common sense, (which though it be a faint and superficial light, is yet in a manner universal, and has reference to many things), but in the narrowness and darkness of a few experiments », *Novum Organum*, I, 64, in *The Works of Francis Bacon*, ed. by J. SPEDDING, R. L. ELLIS, and D. D. HEATH, London, 1860, Vol. IV, p. 65.

5 See *An Essay Concerning Human Understanding*, II, xxiii, 12, ed. by ALEXANDER CAMPBELL FRASER, Vol. 1, Oxford, 1894, p. 402.

6 « What then did I know so distinctly in this piece of wax? It could certainly be nothing of all that the sense brought to my notice, since all these things which fall under taste, smell, sight, touch, and hearing, are found to be changed, and yet the same wax remains. Perhaps it was what I now think, viz. that this wax was not that sweetness of honey, nor that agreeable scent of flowers, nor that particular whiteness, nor that figure, nor that sound, but simply a body which a little while before appeared to me as perceptible under these forms, and which is now perceptible under others ... Since it is now manifest to me that even bodies are not properly speaking known by the senses or by the faculty of imagination, but by the understanding only, and since they are not known from the fact that they are seen or touched, but only because they are understood, I see clearly that there is nothing which is easier for me to know than my mind » (*Meditationes de Prima Philosophia. Secunda*, in *Oeuvres de Descartes*, cit. t. VII, Paris, 1904, pp. 30 and 34; Eng. trans, cit., pp. 154 and 157).

7 Returning to the Cartesian example of the wax, Locke contrasts Descartes's intellectualistic out-

tline with a criterion of knowledge whose efficacy is affirmed on the basis of the actions it promotes: « For our faculties being suited not to the full extent of being, nor to a perfect, clear comprehensive knowledge of things free from all doubt and scruple, but to the preservation of us, in whom they are, and accommodated to the use of life, they serve to our purpose well enough, if they will but give us certain notice of those things which are convenient or inconvenient to us. For he that sees a candle burning, and hath experimented the force of its flame by putting his finger in it, will little doubt that this is something existing without him, which does him harm and puts him to great pain; which is assurance enough when no man requires greater certainty to govern his actions by than what is as certain as his actions themselves » (*An Essay*, IV, xi, 8, pp. 332-33).

8 See CARLO A. VIANO, *John Locke. Dal razionalismo all'illuminismo*, Torino, 1960, pp. 442, 484, 492.

9 See I. NEWTON, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, the third edition (1726), with variant readings, assembled and edited by A. KOYRÉ and I. B. COHEN, Harvard University Press, Vol. II, pp. 759-60.

10 « Apart from the elements essential for representing the facts from which a hypothesis has been derived, the latter always or at least usually contains other elements that are not. For the hypothesis is framed by analogy, whose points of identity and difference are completely known, since otherwise there would be no need for enquiry here. For example, the theory of light speaks of waves, whereas only periodicity is needed to understand it. These further elements beyond the necessary are precisely the ones that are subject to change in the mutual reactions of thought and experience, until they are gradually eliminated in favor of necessary ones », E. MACH *Erkenntnis und Irrtum, Skizzen zur Psychologie der Forchung*, Leipzig, 1926, p. 245; *Knowledge and Error, Sketches on the Psychology of Enquiry*, Dordrecht-Boston, 1976, p. 179.

11 « To begin with, then, I am aware of the 'thing' as a 'one', and have to keep it fixed in this true character as 'one'. If in the course of perceiving something crops up contradicting that, then I must take it to be due to my reflection. Now, in perception various different properties also turn up, which seem to be properties of the thing. But the thing is a 'one'; and we are aware in ourselves that this diversity, by which the thing ceases to be a unity, falls in us. This thing, then, is, in point of fact, merely white to *our* eyes, *also* tart to *our* tongue, and *also* cubical to *our* feeling ... By the fact, then, that we regard the characteristic of being a universal medium as *our* reflection, *we* preserve and maintain the self-sameness and truth of the thing, its being a 'one' », *Phänomenologie des Geistes*, herausgegeben von J. HOFFMEISTER, Hamburg, 1952, p. 95; English trans. by J. B. Baillie, 1931, p. 169-170.

12 « ... the thing is a 'one' just by the fact that it is opposed to other things. It does not, however, exclude others from itself, so far as it is 'one'; for to be 'one' is to be in a universal relation of self to self, and hence by the fact of its being 'one' it is rather like all. It is through the determinate characteristic that the thing excludes other things. Things themselves are thus determinate in and for themselves; they have properties by which they distinguish themselves from one another. Since the property is the *special* and *peculiar* property (the *proper* property) of the thing, or a specific characteristic in the thing itself, the thing has *several* properties ... It is, then, in truth the thing itself which is white, and *also* cubical, and *also* tart, and so on; in other words, the *thing* is the 'also', the general medium, wherein the many properties subsist externally to one another ... It is consequently this unity which consciousness has to take upon itself; for the thing as such is the subsistence of many different and independent properties ... Putting these properties into a 'one' belongs solely to consciousness, which, therefore, has to avoid letting them coincide and be *one* ... », *Phänomenologie* pp. 95-96, trans. cit. pp. 170-171.

13 See *Phänomenologie*, pp. 23-24, trans., cit., pp. 81-82.

14 *Phänomenologie*, pp. 135, 139, 148, trans. cit., pp. 211, 205, 213.

15 See, for example, *Phänomenologie*, pp. 24, 103, and 135, trans., cit., pp. 81, 170, 211.

16 E. MACH, *Erkenntnis und Irrtum*, cit., p. 2, Eng. trans. cit. p. 1.

17 See E. MACH, *op. cit.*, pp. 2-3,. Eng. trans. pp. 1-2.

18 E. MACH, *op. cit.*, p. 2, Eng. trans. p. 2.

19 *Ibidem*.

20 L. WITTGENSTEIN, *Philosophische Untersuchungen*, ed. by G. E. M. ANSCOMBE and R. RHEES, Oxford, 1953, I. section. 125.

21 « Why does man think? Why for example, does he calculate the dimensions of a boiler and not let its thickness be determined by chance? Does calculation prevent it from exploding? No, naturally the boiler can explode despite the calculation. But just as a man who has been burned once does not put his hand in the fire, so he does not abandon calculating the dimensions of the boiler ... Now if you ask me: was I right to use a thickness of 15 mm? Will you rest assured? I must answer with another question. What does 'reason' mean? If you mean that we know. What the boiler cannot explode I was not right, if instead with this calculation I established the dimensions of the boiler, then I am right » *Wittgenstein und der Wiener Kreis*; Gespräche, aufgezeichnet von F. Waismann, ed., by B. F. MCGUINNESS, Frankfurt am M. and Oxford, 1967, pp. 171-2. « What does man think for? What use is it? — Why does he make boilers according to *calculations* and not leave the thickness of their walls to chance? After all it is only a fact of experience that boilers do not explode so often if made according to these calculations ... — But as we are not interested in causes, — we shall say: human beings do in fact think: this, for instance, is how they proceed when they make a boiler. — Now, can't a boiler produced in this way explode? Oh, yes »; « Does man think, then, because he has found that thinking pays? — Because he thinks it advantageous to think? (Does he bring his children up because he has found it pays?) »; « What would shew *why* he thinks? » *Philosophische Untersuchungen I*, 466-68; Eng. trans. cit.

22 See *Philosophische Untersuchungen*, I, 25.

23 See *Philosophische Untersuchungen*, I, 97.

24 *Philosophische Untersuchungen*, I, 381; Eng. trans. cit.

25 L. WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, ed. G.E.M. ANSCOMBE and G. H. von WRIGHT, Oxford, 1969, sect. 530.

26 « But can't it be imagined that there should be no physical objects? I don't know. And yet 'There are physical objects' is nonsense. Is it supposed to be an empirical proposition? — And is *this* an empirical proposition: 'There seem to be physical objects'? »; 'A is a physical object' is a piece of instruction which we give only to someone who doesn't yet understand either what 'A' means, or what 'physical object' means. Thus it is instruction about the use of words, and 'physical object' is a logical concept. (Like color, quantity ...) And that is why no such proposition as: 'There are physical objects' can be formulated ». « Upon 'I know that here is my hand' there may follow the question 'How do

you know?, and the answer to that presupposes that *this* can be known in *that* way. So, instead of 'I know that here is my hand', one might say 'Here is my hand', and then add *how* one knows », L. WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, cit., sections 35, 36, and 40.

27 G. E. MOORE, *A Defence of Common Sense*, in *Philosophical Papers*, London, 1959, p. 33.

28 See G. E. MOORE, *Proof of an External World*, in *Philosophical Papers*, London, 1959, p. 145-46.

29 See N. MALCOLM, *Moore and Ordinary Language*, in *The Philosophy of G. E. Moore*, ed. by P. A. Schilpp, New York, 1952, p. 384; A. AMBROSE, *Moore's Proof of an External World*, *ibid.*, pp. 398 ff.

30 « When someone has made sure of something, he says, 'Yes, the calculation is right', but he did not infer that from his condition of certainty. One does not infer how things are from one's own certainty. Certainty is *as it were* a tone of voice in which one declares how things are, but one does not infer from the tone of voice that one is justified »; « It is wrong to say that the 'hypothesis' that *this* is a bit of paper would be confirmed or disconfirmed by later experience, and that, in 'I know that this is a bit of paper', the 'I know' either relates to such an hypothesis or to a logical determination », WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, sections 30 and 60.

31 « But I did not get my picture of the world by satisfying myself of its correctness; nor do I have it because I am satisfied of its correctness. No: it is the inherited background against which I distinguish between true and false », *ibid.*, section 94.

32 « It is not a matter of *Moore's* knowing that there's a hand there, but rather we should not understand him if he were to say 'Of course I may be wrong about this'. We should ask 'What is it like to make such a mistake as that?' — e.g. what's it like to discover that it was a mistake? », *ibid.*, section 32. « As children we learn facts; e.g., that every human being has a brain, and we take them on trust, I believe that there is an island, Australia, of such-and-such a shape, and so on and so on; I believe that I had great-grandparents, that the people who gave themselves out as my parents really were my parents, etc. This belief may never have been expressed; even the thought that it was so, never thought », *ibid.*, section 159.

33 See G. E. MOORE, *A Defence of Common Sense*, cit., p. 33.

34 See WITTGENSTEIN, *Ueber Gewissheit*, sections 165-7.

35 Ibid. section 109-10. See 204: « Giving grounds, however, justifying the evidence, comes to an end; — but the end is not certain propositions striking us immediately as true, i.e. it is not a kind of *seeing* on our part; it is our *acting* (*Handeln*) which lies at the bottom of the language-game ».

36 *Ibid.*, section 131.

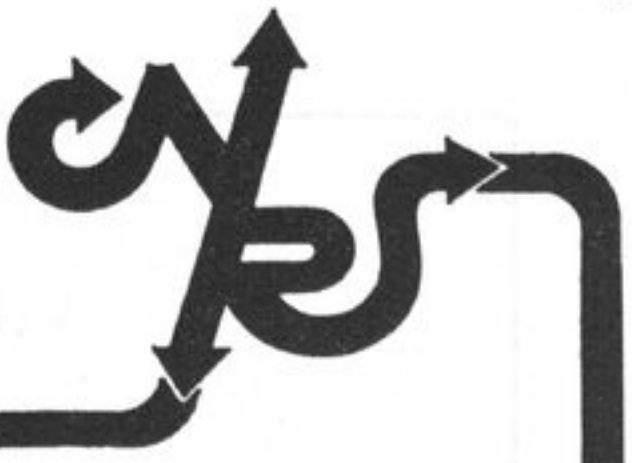
37 *Ibid.*, section 148.

38 *Ibid.*, section 105.

39 *Ibid.*, section 298.

40 *Ibid.*, section 477.

41 *Ibid.*, section 651.



De la thermodynamique à la géophysique

Hommage au professeur Yves Rocard

Resp.: P. Aigrain, P. Nozières

• influence déterminante de Y. Rocard, scientifique exceptionnel et 'patron' exemplaire, sur l'ensemble de la physique française

• deux domaines en particulier: en thermodynamique, découvertes ou mises au point tant sur le plan fondamental (processus aléatoires), qu'appliqué; en géophysique, magnétisme terrestre, séismologie et météorologie

(*16 articles*)

18 × 27 / 260 p. / broché
48 fig.
ISBN 2-222-02210-X 65 F

Colloques nationaux du CNRS N. 937

Problèmes théoriques liés aux nouvelles particules

Org.: F. M. Renard, P. C. Sabatier
(Montpellier, 23-28 mai 1977)

• le point, sur le plan théorique et expérimental, en physique des particules • résultats expérimentaux et phénoménologiques sur les nouvelles particules • théories et modèles de jauge • supersymétrie et supergravité • solitons et confinement des quarks

(*15 communications dont 8 en anglais*)

15,7 × 24 / 452 p. / broché
176 fig. / 20 tabl.
ISBN 2-222-02209-6 135 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS

15, quai Anatole-France 75700 Paris

CCP Paris 9061-11 • Tel 555 92.25

VIENT DE PARAÎTRE

INDEX GENERALIS 1907-1975

de

SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique

Présenté par le Professeur Giuseppe Montalenti de l'Institut de Génétique, Faculté des Sciences de l'Université de Rome.

L'Index Generalis compte 100 pages. Dans cet Index son groupés plus de 3.500 articles de scientifiques du monde entier publiés par Scientia pendant 70 ans - presque une histoire de la pensée scientifique de notre siècle.

Les principes suivis dans la rédaction de cet Index sont expliqués dans une Legenda qui précède le volume.

L'élaboration des données a été confiée au CNUCE, Institut du CNR.

Prix du volume: Europe 4.000 lires, autres Pays $6.00

Adressez vos demandes à:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

BIBLIOTECA DELLA EST

EDIZIONI IN LINGUE STRANIERE

Sono ormai venticinque le traduzioni e otto le lingue straniere nelle quali sono state pubblicate le opere di autori italiani della Biblioteca della EST Mondadori.
È indubbiamente un segno del successo che la produzione scientifica italiana più qualificata riscuote non solo nel nostro Paese, ma anche all'estero. Inoltre ciò sta a dimostrare che in Italia si producono opere originali di interesse internazionale non solo quando provengono da autori di chiara fama e riconosciuto prestigio, come quelli insigniti di Premio Nobel, ma anche quando sono il frutto delle ricerche di giovani studiosi in via di affermazione.

EDIZIONI
SCIENTIFICHE E TECNICHE
MONDADORI

Natta - Farina
STEREOCHIMICA

Verlag Chemie - Weinheim
Masson Editeurs - Parigi
Longman Group - Londra
Companhia Editora Nacional - San Paolo
Hirokawa Publishing - Tokyo
Alfa - Bratislava
Harper - New York

Maffei
AL DI LÀ DELLA LUNA

M.I.T. Press - Massachusetts

I MOSTRI DEL CIELO

M.I.T. Press - Massachusetts

Margaria
FISIOLOGIA MUSCOLARE
e meccanica del movimento

Clarendon Press - Oxford
Johann Ambrosius Barth - Leipzig

Gedda - Brenci
CRONOGENETICA

Hermann - Parigi
Charles C. Thomas - Springfield (Illinois)

Peccei
LA QUALITÀ UMANA

Pergamon Press - Oxford
Taurus Ediciones - Madrid
Diamond Inc. - Tokyo
Deutsche Verlags-Anstalt - Stoccarda

Colombo - Gabor
OLTRE L'ETÀ DELLO SPRECO

Diamond Inc. - Tokyo
Bordas Editeur - Parigi
Taurus Ediciones - Madrid
Pergamon Press - Oxford
Deutsche Verlags-Anstalt - Stoccarda

Bellone

IL MONDO DI CARTA

in corso di pubblicazione presso
M.I.T. Press - Massachusetts

Cervellati-Scannavini-De Angelis

LA NUOVA CULTURA DELLE CITTÀ

in corso di pubblicazione presso
Editions du Seuil - Parigi

EDIZIONI SCIENTIFICHE E TECNICHE MONDADORI

A Note on Fermi's Route to Fermi-Dirac Statistics

LANFRANCO BELLONI
Università di Milano
University of California, Berkeley

Fermi published his statistics a few months before Dirac made his way to the same goal. As there is no mention of Fermi's contribution in Dirac's paper, Fermi took the trouble to draw his attention to it[1]. As a matter of fact, Dirac had read Fermi's paper, *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*. But he had completely forgotten[2] about it when a few months later he wrote *On the Theory of Quantum Mechanics*, which arrived at results equivalent to Fermi's by an entirely different route.

Early in his career Fermi was deeply concerned with thermodynamical problems; like many theorists, he worried about the determination of the absolute constant of the entropy of a perfect gas[3]. Classical thermodynamics leaves an arbitrary constant in the expression of this magnitude. In the years 1912-13, Sackur and Tetrode found a formula that fit with experimental measures[4]. Their deduction, however, was not convincing. In the following years many attempts were made at improving the derivation of their formula. The most successful attempt was Stern's[5], which, as Segrè writes, « had considerable influence on later developments, for instance, Fermi studied it thoroughly before he discovered the Fermi statistics »[6]. In 1923 Fermi published a note on Stern's theory[7] that can be considered the first step toward the discovery of the statistics.
Stern had obtained his Ph. D. under Sackur. He wrote a dissertation on the kinetic theory of osmotic pressure in concentrated solutions. After that he « took advantage of his economic independence to join Albert Einstein at Prague ... He had not met Einstein before, but he knew he was a great man, at the center of modern developments in physics ... Stern was with Einstein from the spring of 1912 until 1914, first in Prague and then in Zurich ... This period had a deep influence on him »[8]. What did Einstein and Stern talk about? Not general relativity, as Stern did not like abstract mathematical formalism; what they had in common was a great admiration for Boltzmann. Stern admired Einstein for his profound knowledge and keen appreciation of thermodynamics. According to Stern, Einstein was convinced that thermodynamics, unlike the other branches of physics, would not be modified.

In the fall of 1913 Ehrenfest paid a long visit to Einstein in Zurich. There were lively discussions about chemical equilibrium, the entropy constant and quite naturally, Nernst's Theorem. A remark by Ehrenfest gave Stern the inspiration for his work on the entropy constant[9]. Apparently Stern first became interested in quantum phenomena while trying to calculate the 'chemical constant' (as it was then called); for attempts to derive Sackur and Tetrode's formula from classical statistical methods had failed completely. Gases do not behave classically at low temperatures. Stern bypassed the difficulty with a double calculation of the vapor pressure of a gas in thermodynamical equilibrium with its solid. The first, purely thermodynamical, gave an expression with an arbitrary constant. The value of that constant was the matter at issue. Stern's second calculation, in accordance with kinetic theory, left no constant. Comparing the two expressions in the domain of temperature where Dulong and Petit's law is valid, Stern obtained the value of the entropy constant[10]. In the calculation he treated the vapor as an ideal gas and the solid as a system of monochromatic oscillators, vibrating independently of one another with constant frequency, according to Einstein idealization.

To carry out the thermodynamical calculation, we start from the expression of the entropy S_v of a mole of saturated vapor at temperature T and pressure p:

$$S_v = \frac{5}{2} R \ln T - R \ln p + R \ln R + S_o \qquad (1)$$

where S_0 is the entropy constant of the gas. Now the entropy of the vapor equals the entropy S_s of a mole of solid plus the increase of entropy due to vaporization:

$$S_v = S_s + \frac{L}{T}, \qquad (2)$$

where L is the heat of vaporization. The entropy of a mole of solid is

$$S_s = 3 R \ln T + S_o', \qquad (3)$$

where S_0' is the entropy constant of the solid.

Stern used Nernst's theorem, the validity of which he did not doubt, to compute S_s:

$$S_s = \int_o^T \frac{C_s}{T} d T.$$

Further he assumed Einstein's expression for C_s, that is[11],

$$C_s = \frac{3 R \left(\frac{h\nu}{kT}\right)^2 e^{\frac{h\nu}{kT}}}{\left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)^2}$$

All this gave the following expression:

$$S_s = 3 R \ln T + 3 R - 3 R \ln\left(\frac{h\nu}{k}\right),$$

where, besides $k = \frac{R}{N}$, the frequency ν of the oscillators occurs too.
Comparing the result with (3), Stern obtained

$$S_o' = 3\ R - 3\ R\ ln\ \frac{h\nu}{k}\ . \qquad (4)$$

Stern proceeded to calculate the heat of vaporization L at temperature T. He imagined the vaporization to occur in two different ways: by vaporizing a mole of solid at absolute zero temperature, and then bringing it to temperature T at constant pressure; or by heating the solid to the temperature T and then vaporizing it. Since the same heat will be required in each case

$$L + \int_o^T C_s\ d\ T = L_o + \int_o^T C_v\ d\ T + R\ T\ ,$$

where L_o is the vaporization heat at absolute zero, and C_v is the gas' specific heat at constant volume.
Let us assume $C_v = \frac{3}{2}\ R$, and let us use again Einstein's formula for C_s. We have

$$L = L_o + \frac{3}{2} R\ T - \left[3RT - 3N\frac{h\ \nu}{2}\right] + R\ T = L_o + 3\ N\frac{h\nu}{2} - \frac{1}{2} R\ T\ .$$

Stern argued that $\lambda_o = L_o + 3\ N\ \frac{h\nu}{2}$ is the true heat of vaporization at absolute zero. According to him, it represents the energy of a mole of solid after vaporization. λ_o is greater than L_o because at absolute zero the molecules still have the « *Nullpunktsenergie* » $3\ N\ \frac{h\nu}{2}$.[12]
We now obtain the following expression for the vapor pressure:

$$p = \frac{1}{\sqrt{T}}\ e^{-\frac{\lambda_o}{RT}}\ R\ e^{\frac{S_o - S_o'}{R} + \frac{1}{2}} \qquad (5)$$

.

For S_o we take Sackur and Tetrode's value:

$$S_o = \frac{5}{2}\ R + R\ ln \frac{(2\ \pi\ m\ k)^{\frac{3}{2}}}{N\ h^3}\ .$$

From the expression of S_o' found earlier, we have:

$$\frac{S_o - S_o'}{R} + \frac{1}{2} = ln\ \frac{(2\ \pi\ m)^{\frac{3}{2}}\ \nu^3}{N\ k^{\frac{3}{2}}}.$$

Finally

$$p = (2\ \pi)^{\frac{3}{2}}\ \frac{m^{\frac{3}{2}}\nu^3}{k^{\frac{1}{2}}}\ \frac{1}{T^{\frac{1}{2}}}\ e^{-\frac{\lambda_o}{RT}}. \qquad (6)$$

As a preliminary to the kinetical calculation, we have to build a 'molecular-mechanical' model of the solid in equilibrium with its vapor. Stern devised the following model. There are P points in space, each attracting atoms with a force proportional to the distance. The force acts only up to a certain maximum distance s: hence the heat of vaporization has finite value. The P points are therefore surrounded by spheres of attraction. Inside the spheres atoms vibrate as monochromatic oscillators. Outside they move as in free space and are subject to no force. Since the potential energy of the atoms in every point is known, the ratio between the number of atoms within the spheres and the number of atoms outside them can be calculated by Boltzmann's rule. Let n_o and ψ_r be the number and the energy of atoms outside spheres, n_r and ψ_o the number and the energy of atoms within the spheres at distance r from the equilibrium points P. We have

$$n_r : n_o = e^{-\frac{\psi_r}{k\,T}} : e^{-\frac{\psi_o}{k\,T}}.$$

In order to obtain the absolute value of n_r and n_o (rather than just their ratio), a further assumption is required. Let us suppose that on the average there is one molecule in every sphere. Then

$$\int_o^s n_r\ 4\,\pi\,r^2\,dr = \int_o^s n_o\, e^{\frac{\psi_o}{k\,T}}\ e^{-\frac{\psi_r}{k\,T}}\ 4\,\pi\,r^2\,dr = 1\,.$$

According to our assumption, an atom of mass m is attracted toward point P by the force:

$$m\,\frac{d^2r}{dt^2} = -\,a^2\,r\,;$$

its potential energy ψ_r at the distance r is therefore $\frac{a^2}{}\ r^2$, and that in free space, ψ_o, is $\frac{a^2}{2}\,s^2$.

We are now able to find an expression for n_o to substitute in the perfect gas law, $p = n_o\,k\,T$. Taking into account that $a^2 = m\,(2\,\pi\,\nu)^2$, and that the potential energy of a gas mole, $\psi_o\,N$, equals λ_o, one gets

$$p = (2\,\pi)^{\frac{3}{2}}\ \frac{m^{\frac{3}{2}}\,\nu^3}{k^{\frac{1}{2}}}\ \frac{1}{T^{\frac{1}{2}}}\ e^{-\frac{\lambda_o}{R\,T}}.$$

This expression is the same as (6), for the same m, ν and λ^o. Here Stern appealed to (5), here repeated for convenience:

$$p = \frac{1}{\sqrt{T}}\ e^{-\frac{\lambda_o}{R\,T}}\ R\,e^{\frac{S_o - S_o'}{R} + \frac{1}{2}}.$$

The kinetic model yielded a relation between the phenomenological magnitudes p and T, which coincided with the one derived thermo-

dynamically. He next equated the factors in the two expressions of p that do not depend on T:

$$R\ e^{\frac{S_o - S_o'}{R} + \frac{1}{2}} = \frac{(2\pi)^{\frac{3}{2}}\ m^{\frac{3}{2}}\ \nu^3}{k^{\frac{1}{2}}}.$$

Hence,

$$S_o = S_o' + R\ ln\ \frac{(2\pi\ m)^{\frac{3}{2}}\ \nu^3}{N\ k^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{2}\ R.$$

In the last expression a frequency ν occurs. Let us now assume for S_o' the value (4) derived before; ν disappears and the Sackur-Tetrode formula emerges:

$$S_o = \frac{5}{2}\ R + R\ ln\ \frac{(2\ \pi\ m\ k)^{\frac{3}{2}}}{N\ h^3}.$$

Fermi was much impressed by Stern's derivation. As late as 1923, he thought it deserved consideration, and suggested an improvement[13]. A weak point of the derivation appeared to him to be the difference between the exponentials in the two expressions of p. In the thermodynamical one, $e^{-\frac{w + \frac{3}{2}\ h\nu}{k\ T}}$, where w is the energy necessary to vaporize a mole of solid at absolute zero; in the kinetic expression, only $e^{-\frac{w}{k\ T}}$ appears.

Stern obtained agreement between the two thanks to the « *Nullpunktsenergie* », according to which the energy needed to vaporize a mole of solid at absolute zero is not w, but $w - \frac{3\ N}{2}\ h\nu$. Fermi pointed out that the molecules of a solid should move only in quantized orbits; and he showed that, on such an assumption, the exponential $e^{-\frac{w + \frac{3}{2}\ h\nu}{k\ T}}$ appears in the kinetic expression for the vaporization. Hence agreement was obtained without assuming a « *Nullpunktsenergie* ». Before 1925 this energy was introduced '*ad hoc*'. Fermi had no particular reason to accept it. He was not under Einstein's influence as Stern was in 1913. He may have considered it as a 'trick' to make things work, like the tricks invented for classical statistical 'derivations' of Sackur-Tetrode formula.

Later Fermi returned to the problem of the entropy constant[14]. In a short but interesting article, he discussed the difficulties of Sommerfeld's quantization rules when applied to systems containing identical particles. According to Fermi, failure in the application of Sommerfeld's rules to complicated systems was usually ascribed to inseparability of the variables. In his opinion failure was due to the impossibility of calculating orbits for systems containing several identical particles. Sommerfeld's

conditions do not apply to those systems because they contain indistinguishable particles; according to Fermi, the very non-distinguishability of particles requires modification of the 'quantum rules'. Consider for instance a ring with three electrons occupying the vertices of an equilateral triangle. In order to obtain the initial configuration of the system, a rotation of $\frac{2\pi}{3}$ will be enough. The electrons are indistinguishable from one another, so the system needs not rotate a full circle to get back to the initial condition. Let p be the angular momentum of the ring. The correct quantum conditions should be $\frac{2\pi p}{3} = nh$, where n is an integer, whereas Sommerfeld's required $2\pi p = n h$. But how should Sommerfeld's rule be modified in general? Fermi does not give an answer. He just goes on to calculate the absolute value of the entropy constant of a perfect gas « putting forward several hypotheses on the way to quantize it ». He considers a perfect gas, that is n point-like molecules in a closed volume V. We might divide this volume in rectangular boxes in various ways. We could divide V in n cells and put one molecule in each. Or we could divide V in $\frac{n}{2}$ cells, and put two molecules in each. We could also not subdivide V and consider it a big cell containing n molecules. The different ways of quantizing the gas are not equivalent; in particular, they give different values of the entropy. The correct value of the entropy constant appears only if we divide the volume in n boxes and put one molecule in each of them; that gives the Sackur-Tetrode formula. Fermi also provides an instructive counter-example. Suppose we have a mixture of two gases, $\frac{n}{2}$ molecules of each in the volume V. (The molecules are supposed to be of the same mass). In order to calculate the entropy of the mixture, let us divide the volume in $\frac{n}{2}$ cells. In each of them we put one molecule of one gas and one molecule of the other. We do not have a system containing identical particles, because in every cell there are two different molecules. And Sommerfeld's rules lead us to results in agreement with the experiment. They fail when they are applied to systems containing identical particles. Or, better, they also work in that case provided one adopts the procedure Fermi suggests for the derivation of the entropy constant.

Years later Fermi told Segré[15] that he could have discovered the exclusion principle by developing these statistical considerations. That is plausible. As soon as he knew the Pauli-Verbot, he set about « to see whether this hypothesis woul lead to results in the quantization of the perfect gas too ». And in a short time he wrote a paper in Italian, later elaborated in the famous paper in *Zeitschrift für Physik*[16]. The mathe-

matical developments of the second paper bear testimony to the study Fermi had made of Stern's derivation.
For instance, in order to quantize the gas, he puts it in an elastic potential region, and not in a box with elastic walls. He also treats molecules as spatial harmonic oscillators, so that a frequency ν occurs at the beginning of his calculations. It disappears, though, in subsequent computations and we do not find any frequency in the expression of vapor pressure at the end of the paper.
There is another analogy to Stern's approach. Fermi has to distribute a certain amount of energy between molecules. He finds an expression for the most probable number of molecules having a certain fraction of the total energy. In this expression there are two constants (α and β). In order to find out their relation with temperature, Fermi points out that « because of the attraction toward O [that is the center of the elastic potential region] the density of the gas is a function of r, and must tend to zero for $r = \infty$. Therefore, for $r = \infty$, we no longer have a degeneracy. Consequently the velocity distribution must be a Maxwellian one ». He then determines those constants with a 'correspondence' procedure *à la* Stern. He makes the same inference Stern made: assuming the validity of classical statistical laws in their domain of applicability, he goes on to the 'quantum' region.

Among the results Fermi obtained with his new statistics, we find quite naturally the determination of the entropy constant for the perfect gas. Needless to say, its value is the same as that given « by Tetrode and by Stern ». Fermi discovered his statistics following his particular research line. The only idea that he picked up from others was the exclusion principle. And that he nearly derived for himself[17]. His theoretical investigations were also quite independent from the ones carried out by his contemporaries. It is also noteworthy that he got a general result, such as the new quantum statistics, trying to solve a particular problem, the derivation of the Sackur-Tetrode formula.

Let us consider now Dirac's paper *On the Theory of Quantum Mechanics*. He begins by putting

$$p_r = - i h \frac{\partial}{\partial q_r}, \quad - W = - i h \frac{\partial}{\partial t}$$

and writing Schrödinger's equation as

$$[H (q_r, p_r, t) - W] \psi = 0$$

Van der Waerden rightly points out[18] that the original Schrödinger equation holds only for the eigenfunctions of the energy operator. The equation Dirac wrote holds for every state.
In a following section, Dirac treats systems containing identical particles. He declares adherence to Heisenberg's positivistic attitude concerning the role of observable quantities in physical theory. Then he tackles the

problem. Let us have an atom with two electrons: one is moving in the m orbit, the other in the n orbit. Let us label with $(m\ n)$ the state of the system of the two electrons. Such a state differs from the state $(n\ m)$ only by the exchange of two electrons. Shall we consider the two states as different or as only one state?

If they were different, we should be able to distinguish the intensities due to the transtition $(m\ n) \rightarrow (m'\ n')$ and $(m\ n) \rightarrow (n'\ m')$. But we know that we cannot distinguish those two transitions by means of physical observations: we can determine experimentally only the sum of the intensities of the transitions. « Hence in order to keep the essential characteristic of the theory that it shall enable one to calculate only observable quantities » Dirac considered $(m\ n)$ and $(n\ m)$ as a single state. He inferred that the eigenfunctions of a set of particles divide into two categories: either they are symmetrical functions, or they are antisymmetrical functions of the coordinates of the particles. But what is the criterion according to which we have to choose between symmetrical or antisymmetrical solutions? « The theory at present is incapable of deciding which solution is the correct one ».

However an antisymmetrical function vanishes identically when two electrons are in the same orbit, and therefore have the same quantum numbers. We are led to the conclusion that the eigenstates of a set of particles obeying Pauli's principle will be represented by antisymmetrical eigenfunctions. If they were to be represented by symmetrical eigenfunctions, an arbitrary number of electrons could occupy the same orbit. We know from experience that this is not possible.

Dirac generalizes the result to a theory of the ideal gas that is practically identical to Fermi's. Dealing with an assembly of gas molecules, we are confronted with the same alternative as before. We can choose to represent the eigenstates with symmetrical functions. In so doing, we are led to the Bose-Einstein statistics. Dirac points out that « the solution with symmetrical eigenfunctions must be the correct one when applied to light quanta, since it is known that the Einstein-Bose statistical mechanics leads to Planck's law of black-body radiation ».

The alternative solution (that is the one with antisymmetrical eigenfunctions) leads to a different type of statistics, which « is probably the correct one for gas molecules, since it is known to be the correct one for electrons in an atom, and one would expect molecules to resemble electrons more closely than light quanta ». Having completely forgotten Fermi's results, he goes on to rederive them.

We can therefore conclude that, unlike Fermi, Dirac was not trying to solve a particular problem when he discovered his statistics. He was instead striving to give a more general formulation of his new quantum mechanics. The treatment of the ideal gas followed from his « slightly more general point of view » concerning Schrödinger's equation[19].

In addition to that, the exclusion principle played a different role in the two developments. In Fermi's case, it represented a missing link in a chain of arguments already developed. His discovery led to the immediate solution of a particular problem.
On the other hand the problem with Dirac was the generalization of the new quantum mechanics to the treatment of a system of many particles. He was led to an expression of the exclusion principle in terms of the new formalism. It was a limited success though. The exclusion principle retained its empirical character even after Dirac's treatment. Its rigorous deduction from the postulates of quantum theory required further labor[20].

L. B.

ACKNOWLEDGMENTS

I gratefully acknowledge useful discussions with Professor Piero Caldirola of the Università degli Studi di Milano, and with Professors John L. Heilbron and Emilio G. Segrè of the University of California at Berkeley. I thank also the Office for History of Science and Technology of the University of California at Berkeley for hospitality.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 Fermi wrote the 25th October 1926 from Rome: « In your interesting paper *On the theory of Quantum Mechanics* (Proc. Roy. Soc. 112, 661, 1926) you have put forward a theory of the Ideal Gas based on Pauli's exclusion principle. Now a theory of the ideal gas that is practically identical to yours was published by me at the beginning of 1926 (Zs. f. Phys., 36, p. 902; Lincei Rend., February 1926). Since I suppose that you have not seen my paper, I beg to attract your attention to it. I am, Sir, Yours Truly Enrico Fermi ». This letter can be found in the Archive for History of Quantum Physics. For description and locations see T. S. KUHN, J. L. HEILBRON, P. FORMAN, L. ALLEN, *Sources of History of Quantum Physics, An Inventory and Report*, The American Philosophical Society, Philadelphia, 1967.

2 *Dirac Interview*, SHQP, third session, May 7, 1963.

3 See ENRICO FERMI, *Collected Papers* (SEGRÈ, ed.), Roma and Chicago, Vol. I, p. 114. See also EMILIO SEGRÈ, *Otto Stern 1888-1969*, *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences*, Vol. XLIII, 1973, p. 217.

4 See O. SACKUR, *Nernst-Festschrift*, S. 405, 1912; *Ann. d. Phys. 40*, 67, 1913; s. a. *Jahresber. d. Schles. Ges.* 1913. See also H. TETRODE, *Ann. d. Phys. 38*, 434; *39*, 255, 1912.

5 See O. STERN, *Zur kinetischen Theorie des Dampfdrucks einatomiger fester Stoffe und über die Entropiekonstante einatomiger Gase*, Physikalische Zeitschrift, XIV, 1913, p. 629-632.

6 See SEGRÈ, *Otto Stern 1888-1969*, p. 218.

7 See *Sopra la teoria di Stern della costante assoluta dell'entropia di un gas perfetto monatomico*, in ENRICO FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 114-117. Originally published in *Rendiconti Lincei*, 32:2 395-398, 1923.

8 See SEGRÈ, *Otto Stern 1888-1969*, p. 216.

9 *Stern Interview*, SHQP, first session, May 29, 1962.

10 Stern did not allow the use of a tape recorder when he was interviewed by THOMAS S. KUHN for the SHQP Project. Kuhn's notes of the conversation include the following paragraph: « Quite early in his university career, at a time when he knew Clausius' equations relating the change of vapor pressure with temperature to the heat of vaporization, he had an experience that he had remembered ever since. During a walk in a local park he suddenly saw how to derive Clausius' equation on a molecular basis. At that point, Stern indicates, he did not know that his derivation was old stuff or that it was somewhat too simplistic. However, even when he found that out, he retained some of his feelings about the episode. It got the main point. My suggestion that his own later work often recapitulates this pattern — i.e. doing duplicate derivations on a pure thermodynamic and statistical mechanical basis — drew very little response ».

11 See A. EINSTEIN, *Die Plancksche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme*, Ann. d. Phys., 22, 1907, p. 23.

12 In 1913, besides the work on vapor pressure, STERN wrote with EINSTEIN a paper: *Einige Argumente für die Annahme einer Molekularen Agitation beim absoluten Nullpunkt*, Ann. d. Phys., 40, 1913, p. 551. They were drawing from available measurements on specific heats of H_2 in order to strengthen the hypothesis of « *Nullpunktsenergie* ».

13 See note 7. Fermi remained interested in Stern's derivation. See the discussion in the third part of *Molecole e cristalli*, Bologna, 1934. (For an English translation see *Molecules, Crystals and Quantum Statistics*, translated by M. Ferro-Luzzi, edited by Lloyd Motz, New York, 1966). See also *Notes on Thermodynamics and Statistics*, University of Chicago Press, 1966, p. 117. Those notes, posthumously published by Segrè, referred to a course given in 1951-52, shortly before Fermi's death.

14 See *Considerazioni sulla quantizzazione dei sistemi che contengono degli elementi identici*, in ENRICO FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 124-129. Originally published in *Nuovo Cimento*, I, 145-152, 1924.

15 See FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 178.

16 See *Sulla quantizzazione del gas perfetto monatomico*, in E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 181-185. Originally published in *Rendiconti Lincei*, 3, 145-149, 1926. First presented at a meeting of the Accademia dei Lincei on the 7th February 1926. See also *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*, in E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 186-195. Originally published in *Zeitschrift für Physik*, 36, 902-912, 1926. The article was received by the journal the 26th March 1926. See RASETTI's introduction to the paper in E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 178.

17 RASETTI points out that: « He does not seem to have been greatly influenced by Einstein's theory based on Bose's treatment of the black-body radiation as a photon gas, although he points out the analogy between the two forms of statistics ». See E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 178.

18 Appendix to *Dirac Interview*, SHQP.

19 VAN DER WAERDEN points out (see preceding note) that at §2 of the same paper, after the « slight generalization » of Schrödinger's equation, Dirac introduces the following idea: « Thus, if we find constants of integration a, b, ... such that $a\psi_n = a_n \psi_n$ etc., where a_n, b_n, ... are numerical constants, we can say that ψ_n represents a state in which a, b, ... have numerical values a_n, b_n, ... ». See DIRAC, *On the Theory of Quantum Mechanics*, Proc. Roy. Soc. 112, 1926, p. 666.

20 See P. CALDIROLA, *The Historical Evolution of the Exclusion Principle in Physics*, Scientia, 110, 1975, p. 69-81.

Una nota su come Fermi giunse alla statistica di Fermi-Dirac

LANFRANCO BELLONI
Università di Milano
University of California, Berkeley

Fermi pubblicò la sua statistica alcuni mesi prima che Dirac giungesse allo stesso risultato. Siccome nel lavoro di Dirac non vi era menzione del contributo di Fermi, questi si diede la pena di segnalarlo al collega[1]. Dirac aveva effettivamente letto l'articolo di Fermi *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*. Ma lo aveva completamente dimenticato[2] quando alcuni mesi dopo scrisse *On the Theory of Quantum Mechanics*, in cui otteneva gli stessi risultati di Fermi con un procedimento del tutto diverso.

Fin dagli inizi della sua carriera Fermi era profondamente interessato a problemi di termodinamica; come molti teorici, si preoccupò della determinazione della costante assoluta dell'entropia di un gas perfetto[3]. La termodinamica classica lascia una costante arbitraria nell'espressione di questa grandezza. Negli anni 1912-13, Sackur e Tetrode trovarono una formula che era in accordo con le misure sperimentali[4]. Ne diedero però una derivazione non convincente. Negli anni successivi molti tentativi vennero fatti per migliorare la derivazione della loro formula. Quello che ebbe più successo fu quello di Stern[5]. Come scrive Segrè, esso « ebbe considerevole influenza sui futuri sviluppi, ad esempio, Fermi lo studiò profondamente prima di scoprire la statistica di Fermi »[6]. Nel 1923 Fermi pubblicò una nota sulla teoria di Stern[7] che può essere considerata il primo passo verso la scoperta della statistica.

Stern aveva conseguito il dottorato con Sackur. Aveva scritto una dissertazione sulla teoria cinetica della pressione osmotica nelle soluzioni concentrate. Dopo di che « sfruttò la sua indipendenza economica per raggiungere Albert Einstein a Praga ... Non aveva mai conosciuto Einstein in precedenza, ma sapeva che era un grand'uomo, al centro dei moderni sviluppi della fisica ... Stern stette con Einstein dalla primavera del 1912 fino al 1914, prima a Praga e poi a Zurigo ... Questo periodo ebbe profonda influenza su di lui »[8]. Di che cosa parlavano Einstein e Stern? Non certo di relatività generale, perché a Stern non piacevano i formalismi matematici troppo astratti; ciò che avevano in comune era una grande ammirazione per Boltzmann. Stern ammirava Einstein per la sua profonda conoscenza della termodinamica e per l'apprezzamento che ne aveva. Secondo Stern, Einstein era convinto che la termodinamica, a differenza delle altre parti della fisica, non avrebbe dovuto essere modificata.

Nell'autunno del 1913 Ehrenfest fece una lunga visita ad Einstein a Zurigo. Vi furono vivaci discussioni sull'equilibrio chimico, la costante dell'entropia e, naturalmente, il teorema di Nernst. Una osservazione di Ehrenfest diede a Stern l'ispirazione per il suo lavoro sulla costante dell'entropia[9]. A quanto pare, Stern divenne interessato ai fenomeni quantistici proprio cercando di calcolare la 'costante chimica' (come veniva chiamata allora); infatti, i tentativi di derivare la formula di Sackur e Tetrode coi metodi della statistica classica erano falliti completamente. I gas non si comportano classicamente alle basse temperature. Stern superò la difficoltà con

un duplice calcolo della pressione di vapore di un gas in equilibrio termodinamico col suo solido. Il primo calcolo, puramente termodinamico, dava una espressione con una costante arbitraria. Il valore di quella costante era ciò che si voleva ottenere. Il secondo calcolo di Stern, fatto con la teoria cinetica, non lasciava costanti. Paragonando le due espressioni nel dominio di temperature in cui la legge di Dulong e Petit è valida, Stern otteneva il valore della costante dell'entropia[10]. Nel calcolo egli trattava il vapore come un gas ideale ed il solido come un sistema di oscillatori monocromatici, che vibravano indipendentemente gli uni dagli altri con frequenza costante, secondo l'idealizzazione di Einstein. Per eseguire il calcolo termodinamico, si parte dall'espressione dell'entropia S_v di una mole di vapore saturo alla temperatura T e alla pressione p:

$$S_v = \frac{5}{2} R \ln T - R \ln p + \\ + R \ln R + S_o \qquad (1)$$

dove S_o è la costante di entropia del gas. Ora l'entropia del vapore è uguale all'entropia S_s di una mole di solido più l'aumento di entropia dovuto alla vaporizzazione:

$$S_v = S_s + \frac{L}{T}, \qquad (2)$$

dove L è il calore di vaporizzazione.
L'entropia di una mole di solido è

$$S_s = 3 R \ln T + S_o', \qquad (3)$$

dove S_o' è la costante di entropia del solido. Stern usò il teorema di Nernst, sulla cui validità non aveva dubbi, per calcolare S_s:

$$S_s = \int_o^T \frac{C_s}{T} d T .$$

Inoltre assunse l'espressione di C_s data da Einstein[11], cioè

$$C_s = \frac{3 R \left(\frac{h\nu}{kT}\right)^2 e^{\frac{h\nu}{kT}}}{\left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)^2}$$

Tutto ciò portò alla seguente espressione:

$$S_s = 3 R \ln T + 3 R - 3 R \ln \left(\frac{h\nu}{k}\right),$$

in cui, oltre a $k = \frac{R}{N}$, interviene anche la frequenza ν degli oscillatori. Paragonando il risultato con la (3), Stern ottenne:

$$S_o' = 3 R - 3 R \ln \frac{h\nu}{k}. \qquad (4)$$

Egli procedette poi a calcolare il calore di vaporizzazione L alla temperatura T. Considerò due modi distinti di vaporizzazione: si può vaporizzare una mole di solido alla temperatura dello zero assoluto, e poi portarlo alla temperatura T a pressione costante; oppure si può scaldare il solido fino alla temperatura T e poi vaporizzarlo. La stessa quantità di calore sarà necessaria in entrambi i casi, quindi si avrà

$$L + \int_o^T C_s d T = L_o + \\ + \int_o^T C_v d T + R T ,$$

dove L_o è il calore di vaporizzazione allo zero assoluto, e C_v è il calore specifico del gas a volume costante.

Assumiamo $C_v = \frac{3}{2} R$, ed usiamo di nuovo la formula di Einstein per C_s. Abbiamo

$$L = L_o + \frac{3}{2} R T - \\ - \left(3 R T - 3 N \frac{h\nu}{2}\right) + R T = \\ = L_o + 3 N \frac{h\nu}{2} - \frac{1}{2} R T .$$

Secondo Stern, $\lambda_o = L_o + 3 N \frac{h\nu}{2}$ era il vero calore di vaporizzazione allo zero assoluto. Rappresentava l'energia di una mole di solido dopo la vaporizzazione. λ_o è maggiore di L_o perché allo zero assoluto le molecole hanno ancora la « *Nullpunktsenergie* » $3 N \frac{h\nu}{2}$.[12]

Otteniamo ora la seguente espressione per la pressione di vapore:

$$p = \frac{1}{\sqrt{T}}\, e^{-\frac{\lambda_0}{RT}}\, R\, e^{\frac{S_0 - S_0'}{R} + \frac{1}{2}} \qquad (5)$$

Per S_0 prendiamo il valore di Sackur e Tetrode:

$$S_0 = \frac{5}{2} R + R \ln \frac{(2\pi m k)^{\frac{3}{2}}}{N h^3}.$$

Dall'espressione di S_0' trovata prima, abbiamo:

$$\frac{S_0 - S_0'}{R} + \frac{1}{2} = \ln \frac{(2\pi m)^{\frac{3}{2}} \nu^3}{N k^{\frac{3}{2}}}.$$

Infine

$$p = (2\pi)^{\frac{3}{2}} \frac{m^{\frac{3}{2}} \nu^3}{k^{\frac{1}{2}}} \frac{1}{T^{\frac{1}{2}}}\, e^{-\frac{\lambda_0}{RT}}. \qquad (6)$$

Prima di passare al calcolo cinetico, dobbiamo costruire un modello 'molecolar-meccanico' del solido in equilibrio con il suo vapore. Stern costruì il seguente modello. Siano dati P punti nello spazio, ciascuno dei quali attragga gli atomi con una forza proporzionale alla distanza. Tale forza deve agire solo fino alla distanza massima s, per cui il calore di vaporizzazione ha un valore finito. I punti P sono perciò circondati da sfere di attrazione. All'interno delle sfere gli atomi vibrano come oscillatori monocromatici. All'esterno si muovono in uno spazio libero e non sono soggetti ad alcuna forza. Siccome l'energia potenziale degli atomi in ogni punto è nota, il rapporto fra il numero degli atomi all'interno delle sfere ed il numero degli atomi al di fuori di esse può essere calcolato con la regola di Boltzmann. Siano n_0 e ψ_0 il numero e l'energia degli atomi al di fuori delle sfere, n_r e ψ_r il numero e l'energia degli atomi interni alle sfere alla distanza r dai punti di equilibrio P. Abbiamo

$$n_r : n_0 = e^{-\frac{\psi_r}{kT}} : e^{-\frac{\psi_0}{kT}}.$$

Per ottenere il valore assoluto di n_r e di n_0 (e non solo il loro rapporto), si deve fare una ulteriore ipotesi. Supponiamo che in media ci sia una molecola in ogni sfera. Allora

$$\int_0^s n_r\, 4\pi r^2\, dr = \int_0^s n_0\, e^{\frac{\psi_0}{kT}} \cdot e^{-\frac{\psi_r}{kT}}\, 4\pi r^2\, dr = 1.$$

In base alla nostra ipotesi, un atomo di massa m è attratto verso un punto P dalla forza:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = -a^2 r;$$

la sua energia potenziale alla distanza r è dunque $\frac{a^2}{2} r^2$, e quella nello spazio libero, ψ_0, è $\frac{a^2}{2} s^2$.

Siamo ora in grado di trovare una espressione per n_0 da sostituire nella legge dei gas perfetti, $p = n_0 k T$. Tenendo presente che $a^2 = m(2\pi\nu)^2$, e che l'energia potenziale di una mole di gas, $\psi_0 N$, è uguale a λ_0, si ottiene

$$p = (2\pi)^{\frac{3}{2}} \frac{m^{\frac{3}{2}} \nu^3}{k^{\frac{1}{2}}} \frac{1}{T^{\frac{1}{2}}}\, e^{-\frac{\lambda_0}{RT}}.$$

Questa espressione è uguale alla (6), per gli stessi m, ν, and λ_0. Qui Stern fa ricorso alla (5), che ripetiamo per comodità:

$$p = \frac{1}{\sqrt{T}}\, e^{-\frac{\lambda_0}{RT}}\, R\, e^{\frac{S_0 - S_0'}{R} + \frac{1}{2}}.$$

Il modello cinetico forniva dunque una relazione fra le grandezze fenomenologiche p e T, che coincideva con quella derivata termodinamicamente. Stern uguagliò i fattori nelle due espressioni di p che non dipendevano da T:

$$Re^{\frac{S_0 - S_0'}{R} + \frac{1}{2}} = \frac{(2\pi)^{\frac{3}{2}} m^{\frac{3}{2}} \nu^3}{k^{\frac{1}{2}}}.$$

Quindi

$$S_o = S_o' + R\, ln \frac{(2\,\pi\, m)^{\frac{3}{2}}\, \nu^3}{N\, k^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{2} R.$$

Nell'ultima espressione, interviene una frequenza ν. Assumiamo ora per S_o' il valore (4) derivato prima; ν scompare e viene fuori la formula di Sackur e Tetrode:

$$S_o = \frac{5}{2} R + R\, ln \frac{(2\,\pi\, m\, k)^{\frac{3}{2}}}{N\, h^3}.$$

Fermi fu molto impressionato dalla derivazione di Stern. Ancora nel 1923, pensava che meritasse attenzione, e ne suggerì un perfezionamento[13]. Un punto debole della derivazione gli sembrava la differenza fra gli esponenziali nelle due espressioni di p. In quella termodinamica,

$$e^{-\frac{w + \frac{3}{2} h\nu}{k\, T}}$$

dove w è l'energia necessaria a vaporizzare una mole di solido allo zero assoluto; nella espressione cinetica, compare solo $e^{-\frac{w}{k\, T}}$. Stern otteneva l'accordo fra le due grazie alla « *Nullpunktsenergie* », in base alla quale l'energia necessaria per vaporizzare una mole di solido allo zero assoluto non è w, ma $w - \frac{3}{2} N\, h\, \nu$.

Fermi osservò che le molecole di un solido dovrebbero muoversi solo su orbite quantizzate; mostrò quindi che, in base a tale assunzione, l'esponenziale

$$e^{-\frac{w + \frac{3}{2} h\nu}{k\, T}}$$

compare anche nell'espressione cinetica di p. Quindi si era ottenuto l'accordo senza assumere la « *Nullpunktsenergie* ». Prima del 1925 questa energia veniva introdotta '*ad hoc*'. Fermi non aveva particolari ragioni per prediligerla. Non si trovava infatti sotto l'influenza di Einstein, come Stern nel 1913. Avrebbe potuto benissimo considerarla come un trucco per far tornare i calcoli, come gli artifizi adottati nelle 'derivazioni' della formula di Sackur e Tetrode fatte in base alla statistica classica.

Più tardi, Fermi tornò al problema della costante dell'entropia[14]. In un breve ma interessante articolo, egli discusse la difficoltà delle regole di quantizzazione di Sommerfeld quando venivano applicate a sistemi contenenti particelle identiche. Secondo Fermi, il fallimento delle regole di Sommerfeld, quando venivano applicate a sistemi complicati, veniva di solito fatto risalire alla non separabilità delle variabili. Secondo lui, il fallimento era invece dovuto alla impossibilità di calcolare le orbite dei sistemi contenenti diverse particelle identiche. Le condizioni di Sommerfeld non si applicano a questi sistemi perché contengono particelle indistinguibili; secondo Fermi, proprio la non distinguibilità delle particelle richiede delle modificazioni delle 'regole di quantizzazione'. Consideriamo ad esempio un anello con tre elettroni che occupano i vertici di un triangolo equilatero. Per ottenere la configurazione iniziale del sistema, basterà una rotazione di $\frac{2\pi}{3}$. Gli elettroni sono indistinguibili l'uno dall'altro, per cui non è necessario ruotare il sistema di un intero giro per riportarlo alla condizione iniziale. Sia p il momento angolare dell'anello. La corretta condizione di quantizzazione $\frac{2\pi p}{3} = nh$, dove n è un intero; le condizioni di Sommerfeld farebbero porre invece $2\pi p = n\, h$. Ma come bisogna modificare le regole di Sommerfeld in generale? Fermi non dà una risposta. Passa solo a calcolare il valore assoluto della costante dell'entropia di un gas perfetto « facendo diverse ipotesi sopra il modo di quantizzarlo ». Egli considera un gas perfetto, cioè n molecole puntiformi in un volume chiuso V. Possiamo dividere questo volume in scatole rettangolari in diversi modi. Possiamo dividere V in n celle e porre una molecola in ciascuna. Oppure possiamo dividere V in $\frac{n}{2}$ celle, e porre due mole-

cole in ciascuna di esse. Possiamo anche non suddividere V e considerarlo come una grossa cella contenente n molecole. Questi differenti modi di quantizzazione del gas non sono equivalenti; in particolare, essi danno diversi valori dell'entropia. Il valore corretto della costante dell'entropia si ottiene soltanto se dividiamo il volume in n celle e poniamo una molecola in ciascuna di esse; questo dà la formula di Sackur e Tetrode. Fermi fornisce anche un istruttivo controesempio. Supponiamo di avere una miscela di due gas, con $\frac{n}{2}$ molecole di ciascuno nel volume V. (Si suppone che le molecole abbiano la stessa massa). Per calcolare l'entropia della miscela, dividiamo il volume in $\frac{n}{2}$ celle. In ciascuna di esse mettiamo una molecola di un gas e una molecola dell'altro. Non abbiamo un sistema contenente particelle identiche, perché in ogni cella ci sono due molecole diverse. E le regole di Sommerfeld ci portano a risultati in accordo con l'esperienza. Esse falliscono quando vengono applicate a sistemi contenenti particelle identiche. Meglio, funzionano anche in quel caso purché si adotti il procedimento suggerito da Fermi per la derivazione della costante dell'entropia.

Alcuni anni dopo Fermi disse a Segrè[15] che avrebbe potuto scoprire il principio di esclusione sviluppando queste considerazioni statistiche. Ciò è plausibile. Appena seppe del principio di Pauli, egli si propose « di ricercare se una ipotesi simile non possa dare dei buoni risultati anche nel problema della quantizzazione del gas perfetto ». In breve tempo scrisse un lavoro in italiano, più tardi elaborato nel famoso articolo su *Zeitschrift für Physik*[16]. Gli sviluppi matematici del secondo lavoro serbano una traccia dello studio che Fermi fece della derivazione di Stern.
Ad esempio, per quantizzare il gas, lo pone in una regione di potenziale elastico, e non in una scatola con pareti elastiche. Inoltre, tratta le molecole come oscillatori armonici spaziali, di modo che una frequenza ν compare all'inizio dei calcoli. In seguito, essa scompare e non troviamo più alcuna frequenza nell'espressione della pressione di vapore alla fine dell'articolo.
C'è un altra analogia con l'approccio di Stern. Fermi deve distribuire una certa quantità di energia fra le molecole. Egli trova una espressione per il numero più probabile di molecole che hanno una certa frazione della energia totale. In questa espressione vi sono due costanti (α e β). Per trovare la loro relazione con la temperatura, Fermi nota che « per effetto della attrazione verso O [cioè il centro della regione di potenziale elastico], la densità del nostro gas sarà una funzione di r, che deve tendere a zero per $r = \infty$. Per conseguenza, per $r = \infty$ debbono cessare i fenomeni di degenerazione, e in particolare la distribuzione delle velocità... deve trasformarsi nella legge di Maxwell ». Passa quindi a determinare queste costanti con un procedimento di corrispondenza alla Stern. Compie la stessa inferenza di Stern: assume la validità delle leggi statistiche classiche nel loro dominio di applicabilità, per poi passare alla regione 'quantistica'.

Fra i risultati ottenuti da Fermi con la sua nuova statistica, troviamo ovviamente la determinazione della costante di entropia del gas perfetto. Naturalmente, il suo valore è lo stesso di quello dato « da Tetrode e da Stern ». Fermi scoprì la sua statistica sviluppando una sua particolare linea di ricerca. L'unico ausilio che gli venne dall'esterno fu il principio di esclusione. E per poco non ricavò da solo anche quello[17]. Le sue ricerche teoriche erano anche abbastanza indipendenti da quelle dei suoi contemporanei. È anche notevole che egli abbia ottenuto un risultato generale, come la nuova statistica quantistica, nel tentativo di risolvere un problema particolare, come la derivazione della formula di Sackur e Tetrode.

Consideriamo ora l'articolo di Dirac *On*

the Theory of Quantum Mechanics. Egli incomincia ponendo

$$p_r = -ih\frac{\partial}{\partial q_r}, \quad -W = -ih\frac{\partial}{\partial t}$$

e scrivendo l'equazione di Schrödinger come

$$[H(q_r, p_r, t) - W]\psi = 0$$

Van der Waerden giustamente fa osservare[18] che l'equazione originale di Schrödinger vale solo per le autofunzioni dell'operatore energia. L'equazione scritta da Dirac vale invece per ogni stato.

In un paragrafo successivo, Dirac tratta sistemi contenti particelle identiche. Egli dichiara di aderire all'attitudine positivistica di Heisenberg riguardo al ruolo delle osservabili in una teoria fisica. Quindi attacca il problema. Supponiamo di avere un atomo con due elettroni: uno nell'orbita m, l'altro nell'orbita n. Indichiamo con $(m\ n)$ lo stato del sistema dei due elettroni. Tale stato differisce dallo stato $(n\ m)$ solo per lo scambio dei due elettroni. Considereremo i due stati come diversi o come un unico stato?

Se fossero diversi, dovremmo essere in grado di distinguere le intensità dovute alle transizioni $(m\ n) \to (m'\ n')$ e $(m\ n) \to (n'\ m')$. Ma sappiamo che non possiamo distinguere queste due transizioni facendo delle osservazioni fisiche: possiamo determinare sperimentalmente solo la somma delle intensità delle transizioni. « Quindi per conservare la caratteristica essenziale della teoria per la quale siamo in grado di calcolare solo quantità osservabili », Dirac considerò $(m\ n)$ e $(n\ m)$ come un unico stato. Egli ricavò da questo che le autofunzioni di un insieme di particelle si dividono in due categorie: o sono funzioni simmetriche, o sono funzioni antisimmetriche delle coordinate delle particelle. Ma qual è il criterio in base al quale dobbiamo scegliere fra soluzioni simmetriche e antisimmetriche? « La teoria al momento non è in grado di decidere quale sia la soluzione corretta ».

Comunque una funzione antisimmetrica si annulla identicamente quando due elettroni si trovano nella stessa orbita, e quindi hanno gli stessi numeri quantici. Giungiamo quindi alla conclusione che gli autostati di un insieme di particelle che obbediscono al principio di Pauli saranno rappresentati da autofunzioni antisimmetriche. Se fossero rappresentati da autofunzioni simmetriche, un numero arbitrario di elettroni potrebbe occupare la stessa orbita. Noi sappiamo dall'esperienza che ciò non è possibile.

Dirac generalizza tale risultato in una teoria del gas ideale che è praticamente identica a quella di Fermi. Nel trattare un insieme di particelle di gas, ci troviamo di fronte alla stessa alternativa di prima. Possiamo scegliere di rappresentare gli autostati con funzioni simmetriche. Così facendo, otteniamo la statistica di Bose-Einstein. Dirac nota che « la soluzione con autofunzioni simmetriche deve essere quella corretta per i quanti di luce, poiché è noto che la meccanica statistica di Einstein-Bose porta alla legge di Planck della radiazione di corpo nero ».

La soluzione alternativa (cioè quella con le autofunzioni antisimmetriche) porta ad un diverso tipo di statistica, che « è probabilmente quella corretta per le molecole di un gas, poiché è noto che è quella corretta per gli elettroni di un atomo, ed uno si aspetterebbe che delle molecole assomiglino a degli elettroni più che non a dei quanti di luce ». Avendo completamente dimenticato i risultati di Fermi, egli procede a derivarli di nuovo.

Possiamo dunque concludere che, a differenza di Fermi, Dirac non stava cercando di risolvere alcun problema particolare quando scoprì la sua statistica. Stava invece cercando di dare una formulazione più generale della sua nuova meccanica quantistica. La trattazione del gas ideale discendeva dal suo « punto di vista leggermente più generale » riguardo l'equazione di Schrödinger[19].

Inoltre, il principio di esclusione svolse un ruolo diverso nelle due scoperte. Nel caso di Fermi, rappresentava un anello mancante in una serie di ragionamenti già sviluppata.

La sua scoperta portò alla immediata soluzione di un problema particolare.
Per Dirac, invece, il problema era la generalizzazione della nuova meccanica quantistica alla trattazione di un sistema di più particelle. Egli giunse ad esprimere il principio di esclusione nel nuovo formalismo. Il suo fu però un successo limitato. Il principio di esclusione rimase una legge empirica anche dopo la trattazione di Dirac. La sua deduzione rigorosa dai postulati della teoria quantistica richiedette un ulteriore travaglio[20].

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio per le utili discussioni il Professor Piero Caldirola dell'Università degli Studi di Milano, e i Professori John L. Heilbron ed Emilio G. Segrè dell'Università di California a Berkeley. Ringrazio anche per l'ospitalità l'Office for History of Science and Technology dell'Università di California a Berkeley.

L. B.

Tradotto dall'Autore

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Fermi scrisse il 25 Ottobre 1926 da Roma: « In your interesting paper *On the theory of Quantum Mechanics* (Proc. Roy. Soc. 112, 661, 1926) you have put forward a theory of the Ideal Gas based on Pauli's exclusion principle. Now a theory of the ideal gas that is practically identical to yours was published by me at the beginning of 1926 (Zs. f. Phys., 36, p. 902; Lincei Rend., February 1926). Since I suppose that you have not seen my paper, I beg to attract your attention to it. I am, Sir, Yours Truly Enrico Fermi ». Questa lettera si trova nell'Archive for History of Quantum Physics. Per una descrizione e localizzazione si veda T. S. KUHN, J. L. HEILBRON, P. FORMAN, L. ALLEN, *Sources of History of Quantum Physics, An Inventory and Report*, The American Philosophical Society, Philadelphia, 1967.

2 *Intervista a Dirac*, SHQP, terza sessione, 7 Maggio 1963.

3 Si veda ENRICO FERMI, *Collected Papers* (SEGRÈ, ed.), Roma and Chicago, Vol. I, p. 114. Si veda anche EMILIO SEGRÈ, *Otto Stern 1888-1969*, *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences*, Vol. XLIII, 1973, p. 217.

4 Si veda O. SACKUR, *Nernst-Festschrift*, S. 405, 1912; *Ann. d. Phys. 40*, 67, 1913; s. a. *Jahresber. d. Schles. Ges.* 1913. Si veda anche H. TETRODE, *Ann. d. Phys. 38*, 434; *39*, 255, 1912.

5 Si veda O. STERN, *Zur kinetischen Theorie des Dampfdrucks einatomiger fester Stoffe und über die Entropiekonstante einatomiger Gase*, Physikalische Zeitschrift, XIV, 1913, p. 629-632.

6 Si veda SEGRÈ, *Otto Stern 1888-1969*, p. 218.

7 Si veda *Sopra la teoria di Stern della costante assoluta dell'entropia di un gas perfetto monatomico*, in ENRICO FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 114-117. Pubblicato originariamente in *Rendiconti Lincei, 32:3*, 395-398, 1923.

8 Si veda SEGRÈ, *Otto Stern 1888-1969*, p. 216.

9 *Intervista a Stern*, SHQP, sessione prima, 29 Maggio 1962.

10 Stern non permise l'impiego di un registratore quando venne intervistato da THOMAS S. KUHN per il progetto *Sources for History of Quantum Physics*. Nelle note prese da Kuhn si legge: « Abbastanza presto nella sua carriera universitaria, quando venne a conoscenza delle equazioni di Clausius che collegano la variazione della pressione di vapore con la temperatura al calore di vaporizzazione, ebbe una esperienza che non scordò più. Durante una passeggiata nel parco locale improvvisamente vide come derivare l'equazione di Clausius per via cinetica. A quel punto, sottolinea Stern, egli non sapeva che la sua derivazione era roba sorpassata o che era un po' troppo semplicistica. Comunque, anche quando si accorse di ciò, continuò ad essere impressionato da quell'episodio. Aveva centrato il punto essenziale. Il mio suggerimento che il suo lavoro successivo spesso riproduceva questo schema, cioè fare duplici derivazioni su base sia termodinamica pura sia meccanico-statistica, non venne raccolto ».

11 Si veda A. EINSTEIN, *Die Plancksche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme*, Ann. d. Phys., 22, 1907, p. 23.

12 Nel 1913, oltre al lavoro sulla pressione di vapore, STERN scrisse con EINSTEIN l'articolo: *Einige Argumente für die Annahme einer Molekularen Agitation beim absoluten Nullpunkt*, Ann. d. Phys., 40, 1913, p. 551. Essi cercavano di rafforzare l'ipotesi della « *Nullpunktsenergie* » basandosi sulle misure disponibili dei calori specifici di H_2.

13 Si veda nota 7. Fermi rimase sempre interessato alla derivazione di Stern. Si veda la discussione nella parte terza di *Molecole e cristalli*, Bologna, 1934. Si veda anche *Notes on Thermodynamics and Statistics*, University of Chicago Press, 1966, p. 117. Queste note, pubblicate postume da Segrè, si riferiscono ad un corso tenuto nel 1951-52, poco prima della morte di Fermi.

14 Si veda *Considerazioni sulla quantizzazione dei sistemi che contengono degli elementi identici*, in ENRICO FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 124-129. Pubblicato originariamente in *Nuovo Cimento*, I, 145-152, 1924.

15 Si veda E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 178.

16 Si veda, *Sulla quantizzazione del gas perfetto monatomico*, in E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 181-185. Pubblicato oriignariamente in *Rendiconti Lincei*, 3, 145-149, 1926. Presentato per la prima volta ad un raduno della Accademia dei Lincei, il 7 Febbraio 1926. Si veda anche *Zur Quantelung des Idealen Einatomigen Gases*, in E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 186-195. Pubblicato originariamente in *Zeitschrift für Physik*, 36, 902-912, 1926. L'articolo fu ricevuto dal giornale il 26 Marzo 1926. Si veda la introduzione di RASETTI all'articolo di Fermi in E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 178.

17 RASETTI osserva: « Egli non sembra sia stato molto influenzato dalla teoria di Einstein basata sul trattamento di Bose della radiazione di corpo nero come un gas di fotoni, benché egli faccia notare la analogia fra le due forme di statistica ». Si veda E. FERMI, *Collected Papers*, Vol. I, p. 178.

18 Appendice all'*Intervista a Dirac*, SHQP.

19 VAN DER WAERDEN fa osservare (vedi nota precedente) che al §2 dello stesso articolo, dopo la « *slight generalization* » della equazione di Schrödinger, Dirac introduce la seguente idea: « Così, se troviamo delle costanti di integrazione a, b, ... tali che $a\psi_n = a_n \psi_n$ ecc., dove a_n, b_n, ... sono costanti numeriche, possiamo dire che ψ_n rappresenta uno stato in cui a, b, ... assumono i valori numerici a_n, b_n, ... ». Si veda DIRAC, *On the Theory of Quantum Mechanics*, Proc. Roy, Soc. 112, 1926, p. 666.

20 Si veda P. CALDIROLA, *L'evoluzione storica del principio di esclusione in fisica*, Scientia, 110, 1975, p. 51-67.

Simulazione del trasporto e della diffusione di agenti inquinanti nell'area di Venezia

Studi e ricerche del Centro Scientifico IBM di Venezia

Negli ultimi anni molti studi sono stati orientati alla simulazione del trasporto e della diffusione di agenti inquinanti non reattivi e in particolare dell'anidride solforosa in aree inquinate sia da emissioni industriali sia da quelle derivanti da attività urbane.

I modelli sviluppati a questo scopo hanno dimostrato di fornire risultati positivi particolarmente in situazioni nelle quali i parametri responsabili della dispersione dell'agente inquinante hanno caratteristiche di uniformità. In situazioni più complesse sono invece necessarie ulteriori sperimentazioni dei modelli per definire correttamente i limiti e l'affidabilità. Questi modelli e procedure devono poi essere inseriti all'interno di una strategia di controllo dell'inquinamento atmosferico sia a lungo che a breve termine.

Per una efficace strategia di controllo a lungo termine occorre conoscere la distribuzione di frequenza delle situazioni meteorologiche locali al fine di organizzare e pianificare le attività industriali e urbane nel rispetto dei limiti di legge e secondo la politica territoriale locale. Per il controllo a breve termine è invece richiesto l'intervento quando si verifica l'episodio occasionale d'inquinamento; è anche necessaria una politica di pianificazione che eviti il superamento dei limiti di legge per le concentrazioni medie a breve termine.

In accordo con le diverse strategie, è comprensibile che un modello matematico per simulazione di concentrazioni medie a lungo termine si differenzi da un modello per la simulazione delle concentrazioni a breve termine. In quest'ultimo caso il modello è molto complesso soprattutto per le previsioni in tempo reale.

Su queste premesse venne avviata presso il Centro Scientifico IBM di Venezia l'attività di ricerca nel campo dell'inquinamento atmosferico. Venezia e i suoi immediati dintorni sono un tipico esempio di un'area in cui la dispersione degli agenti inquinanti atmosferici è grandemente influen-

zata dalla disuniformità delle caratteristiche geografiche. In questa area la presenza di differenti tipi di superfici adiacenti (terra, laguna e Mare Adriatico) induce una circolazione d'aria locale che si sovrappone al vento sinottico (determinato cioè dalla condizione meteorologica generale) rendendo molto difficile l'identificazione dei cammini di dispersione seguiti da un agente inquinante rilasciato nella zona. D'altro canto la comprensione e il controllo dell'inquinamento atmosferico a Venezia sono resi pressanti dai danni che esso può causare al patrimonio artistico del centro storico.

I DATI DI PARTENZA

Per avviare uno studio di simulazione dell'inquinamento atmosferico, le informazioni di base sono rappresentate dai dati relativi alle emissioni di agenti inquinanti, alla meteorologia locale e allo stato di turbolenza dell'atmosfera.

I dati meteorologici essenziali per un controllo a lungo termine dell'inquinamento atmosferico sono velocità e direzione del vento, stabilità dell'atmosfera e temperatura dell'aria. Quest'ultima informazione permette di valutare il flusso di calore dei fumi emessi da una ciminiera. Pe le emissioni urbane, la cui intensità è legata alla temperatura dell'aria, permette invece di stimare la variabilità temporale.

Un altro dato meteorologico di importanza fondamentale in situazioni episodiche è l'altezza alla quale si verifica l'inversione termica. Se tale inversione avviene a quote basse (200-400 m) e permane per diverse ore, si possono avere gravi episodi d'inquinamento.

Il modello di simulazione matematico per il controllo dell'inquinamento atmosferico a Venezia è stato sviluppato dalla IBM grazie alla collaborazione tra enti di diversa natura e finalità: il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), la Regione Veneto, l'Ente Zona Industriale di Porto Marghera, il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, il COSES (Consorzio per lo Sviluppo economico e sociale della provincia di Venezia) e la Veneziana Gas. Seguendo storicamente lo sviluppo del progetto, il servizio Meteorologico della Aeronautica e l'Ente Zona Industriale fornirono i primi dati sulla meteorologia e sui livelli registrati di anidride solforosa. Queste informazioni hanno permesso una prima indagine sul fenomeno che, rivelando una regolarità di comportamento stagionale, ha confermato l'opportunità della descrizione mediante un modello di diffusione di tipo climatologico.

Le informazioni sulle emissioni sono state fornite dalla Regione Veneto,

sulla base del censimento delle emissioni industriali richiesto dalla legge 615 contro l'inquinamento atmosferico. Per gli scarichi di carattere urbano, essenzialmente dovuti al riscaldamento domestico, la valutazione è avvenuta sulla base delle informazioni ricavate dal censimento della popolazione nel 1972.

Poiché per la verifica del modello occorre un confronto tra valori simulati dal modello e valori effettivamente misurati, sono stati memorizzati non solo i dati meteo ma anche le concentrazioni orarie anidride solforosa registrate nelle 24 stazioni della rete Tecneco-ISS (Istituto Superiore di Sanità). I dati rilevati da questa rete hanno fornito l'ultima conferma che il fenomeno dell'inquinamento a Venezia poteva essere descritto con un modello climatologico.

CONTROLLI A BREVE E LUNGO TERMINE

Con questi dati vennero simulati i valori di concentrazione di anidride solforosa medi stagionali per il periodo febbraio 1973 - gennaio 1975. Rispetto ai modelli analoghi il modello sviluppato dal Centro Scientifico IBM di Venezia presenta alcune innovazioni originali quali l'introduzione della temperatura nella funzione di probabilità meteorologica e la correzione della stabilità atmosferica in funzione delle caratteristiche del terreno sopra il quale l'inquinante viene trasportato. Queste modifiche hanno elevato il coefficiente di correlazione tra misurazioni effettive e dati simulati a 0.9, un valore che costituisce uno dei risultati migliori tra quelli conosciuti.

Parallelamente a queste attività è stato anche affrontato il problema del controllo a breve termine dell'inquinamento atmosferico con l'obiettivo di generare un metodo che, basato sull'equazione di adesione e diffusione, permettesse di valutare la concentrazione sottovento a una ciminiera, tenendo conto della stratificazione verticale dell'atmosfera. Ciò permette di ottenere un netto avanzamento rispetto alla classica formulazione gaussiana. Gli studi hanno teso allo scopo ulteriore di definire un modello per il controllo a breve termine.

Il primo obiettivo è strettamente collegato alla attuale organizzazione della produzione di energia, orientata verso la costruzione di enormi centrali con ciminiere alte anche più di 200 metri con elevate emissioni di inquinanti. Il metodo da mettere a punto ha lo scopo di prevedere dove e in che misura l'inquinante sarà presente.

Il secondo obiettivo è legato al primo, ma mentre quello riguarda essenzialmente il progetto di una nuova sorgente di emissione, il secondo si

riferisce alla previsione in tempo reale dell'inquinamento causato da ciminiere in funzione. In questo settore gli studi sono rivolti allo sviluppo e e all'applicazione di tecniche di tipo statistico. Si vanno infine costruendo modelli previsionali in tempo reale con tecnica mista stocastico-deterministica, che risultano particolarmente adatti non solo nel campo dell'inquinamento atmosferico, ma anche in quello più vasto del controllo ambientale.

Simulation of the Transport and Distribution of Pollutants in the Venice Area

Studies and research projects at the IBM Scientific Center in Venice

In recent years much study has been directed towards the simulation of transport and the distribution of non-reactive pollutants, especially sulphur dioxide, in areas contaminated by industrial effluents and urban waste.

The models prepared for the purpose of these studies have yielded positive results particularly when there exists a certain uniformity in the parameters relating to the diffusion of the pollutant. The models and procedures are subsequently incorporated in a strategy for the control of atmospheric pollution on both the long and short term.

An efficient long term control strategy calls for knowledge of the frequency distribution of local meteorological conditions so that both municipal needs and industrial activities may be organized and planned in conformity with legal requirements and with local territory policy. Short term control on the other hand requires intervention in relation to occasional pollution incidents; in addition it is necessary to have a planning policy to ensure that legal limits are not exceeded in the event of medium concentrations (of contamination) on the short term.

In line with the various strategies, a mathematical model for simulating long term medium concentrations must obviously differ from a the type of model adopted for simulating concentrations on the short term. In this latter case the model used is highly complex, especially for making real time forecasts.

These were the premises on which research was started at the Venice Scientific Center into the problem of atmospheric pollution. Venice and its immediate surroundings provide a typical example of an area in which the diffusion of atmospheric pollution is greatly influenced by the diversity of its geographical characteristics. In this area the presence of adjacent territories of different kinds (land, lagoon, Adriatic sea) encourages local circulation of air which, when it combines with the synoptic wind (resulting

from the general weather conditions), makes it very difficult to trace the dispersal paths followed by pollutants released in the area. Added to this, the problem of understanding and controlling atmospheric pollution in Venice has become very pressing on account of the potential damage it can cause to the artistic treasures to be found in this historic city.

INITIAL DATA

The basic information needed to start on a study directed towards the simulation of atmospheric pollution includes data on effluents containing pollutants, on local weather conditions and atmospheric turbulence.

The meteorological data necessary for the long term control of atmospheric pollution are those relating to the speed and direction of the wind, atmospheric stability and the temperature of the air. On the basis of the last of these data it is possible to calculate the heat flow of fumes from a smoke-stack, while for urban effluents, whose intensity depends on the temperature of the air, it is possible to estimate their variability on the time plane. Another meteorological factor of fundamental importance in isolated situations is the altitude at which the temperature inversion occurs. If this inversion occurs at a low altitude (200-400m) and persists for several hours, there is a likelihood of serious pollution incidents occurring.

IBM's mathematical simulation model for controlling atmospheric pollution in Venice is the product of co-operation between organizations of different kinds set up for different purposes: the National Research Council, the Venice Region Authorities, the Porto Marghera Industry Organization, COSES (Consortium for the Economic and Social Development of the Venice Province) and the Venice Gas Company. Tracing the progress of the project, the Meteorological Service of the Italian Airforce and the Porto Marghera Industry Organization supplied the initial data concerning meteorological conditions and the levels of sulphur dioxide recorded. On the basis of these preliminary data it was possible to carry out an initial survey of the problem. This survey revealed a certain regularity in seasonal behaviour and thus confirmed the advisability of using a climatological dispersal model for describing the phenomenon.

Effluent data was supplied by the Venice Region Authorities on the basis of the census of industrial effluents required under law no. 615 against atmospheric pollution. Data for urban effluents, largely deriving from domestic heating systems, were calculated on the basis of information obtained from the 1972 population census.

As verification of the model necessitates comparison between values

simulated by the model and values actually observed, meteorological data have been stored as well as data on the hourly concentrations of sulphur dioxide observed at the 24 stations of the Tecneco-ISS network (Higher Institute of Public Health). The recorded data by this network have provided final confirmation of the possibility of using a climatological model to describe the Venice pollution problem.

SHORT AND LONG TERM CONTROL

These data are used to simulate the seasonal average concentration figures for the period February 1973 - January 1975. As compared with similar models the model developed by the Scientific Center presented a number of original innovations, such as introduction of the temperature in the meteorological probability function and correction of the atmospheric stability according to the characteristics of the territory over which the pollutant is transported. These changes have raised the correlation coefficient between effective measurements and simulated data to 0.9, a figure constituting one of the best results among those already known.

The problem of short term atmospheric pollution control was tackled parallel with these activities, with the objective to generate a method based on the adhesion-distribution equation, which would make it possible to assess the concentration on the leeward side of a smoke-stack, taking into account the vertical stratification of the atmosphere. This would be a distinct improvement on the traditional Gauss formulation; the studies have also the aim to define a model for short term control.

The prime objective is closely linked to the present organization of energy production, which is oriented on the construction of enormous power houses with smoke-stacks of 200 meters and more and high polluting effluents. The purpose of the method to be finalized is to forecast where and to what extent the pollutant will be present.

The second objective is closely linked to the first, but while the first is mainly concerned with the project for a new effluent source, the second concerns real time forecasts of pollution from smoke-stacks. In this area, the studies are directed towards the development and application of statistical techniques.

Lastly, real time forecast models are being built using combined stochastic/deterministic techniques which have proved particularly suitable not only for the study of atmospheric pollution, but also in the broader field of environmental control.

Attività dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR

L'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del CNR svolge la sua attività nel campo del trattamento, della gestione e del controllo della qualità delle acque dal 1967.
L'Istituto, che ha la sua sede centrale a Roma, si avvale di due unità sperimentali: il Reparto Sperimentale della Chimica e Tecnologia delle Acque di Bari ed il Reparto Sperimentale di Idrobiologia Applicata all'Inquinamento delle Acque di Milano.
Negli ultimi anni l'Istituto, dopo aver notevolmente ampliato i suoi settori di interesse, è entrato in una fase di consolidamento ed oggi costituisce un punto essenziale di riferimento per tutti i problemi concernenti le acque. È puntualmente intervenuto per risolvere molti dei gravi problemi nazionali degli ultimi tempi: dal problema dei fanghi rossi di Scarlino, a quello dell'inquinamento da arsenico a Manfredonia, dal caso Cavtat a quello delle alghe sulle coste dell'Alto Adriatico.

Nel passato gli sforzi maggiori sono stati profusi nel settore della dissalazione delle acque salmastre e di mare. In questa direzione sono stati raggiunti risultati notevoli, tanto che oggi l'Istituto dispone di un gruppo di ricercatori in grado di dialogare a livello mondiale sui problemi scientifici inerenti a questo settore, apportando contributi originali. I risultati delle ricerche sulla dissalazione sono ormai una base di conoscenze sicure in grado di rendere possibili, alle industrie nazionali, applicazioni tecniche di avanguardia. Pur restando aperti i problemi della ancora troppo scarsa recezione, sia a livello politico che industriale, e della mancanza di personale qualificato negli Enti addetti alla gestione degli impianti, si registrano applicazioni positive. Si ricordano gli impianti di Brindisi, di Vieste, dell'isola del Giglio e dell'isola di Pantelleria. Di notevole interesse l'impianto dimostrativo da 2000 mc/giorno costruito presso la Centrale ENEL di Bari. L'impianto è basato su un processo (ad espansioni multiple con desolfatazione dell'acqua di alimentazione) studiato e brevettato dall'IRSA.
Sempre su brevetto IRSA è stato costruito, con sovvenzione ONU, un impianto a Scambio Ionico - Elettrodialisi nel deserto del Negev (Israele). Attraverso contratti di ricerca affidati alla Montecatini-Edison si è giunti alla costruzione delle prime membrane italiane per Osmosi Inversa e per Elettrodialisi. Tali membrane, dalle prime prove effettuate in labo-

ratorio su impianti pilota, fanno prevedere una competitività con le membrane americane e giapponesi che attualmente monopolizzano il mercato mondiale.

La crisi energetica degli ultimi anni ha inciso notevolmente sulle possibilità di impiego degli impianti di dissalazione per cui restano aperti pochi orientamenti di ricerca per lo più indirizzati verso il miglioramento di impianti a basso consumo di energia.
L'isterilirsi di questo settore di ricerca ed il contemporaneo, drammatico emergere del problema degli inquinamenti delle acque ha spinto l'Istituto sulla strada di una parziale riconversione di alcune strutture di ricerca. Il laboratorio di Bari, principalmente indirizzato verso applicazioni tecnologiche a livello di impianti pilota, si è gradatamente orientato, da ricerche quasi esclusive nel campo della dissalazione, verso ricerche relative alla depurazione di acque di scarico industriali ed urbane. A questo proposito, qualora ci siano da rimuovere sostanze fortemente tossiche, oppure sostanze pregiate di cui è conveniente il recupero, emergono interessanti possibilità di impiego, nel trattamento di scarichi industriali, di processi già affermati nella dissalazione: Osmosi Inversa, Elettrodialisi, Scambio Ionico.
Problemi fondamentali, in questo settore, che si presenta molto ampio e complesso, riguardano lo studio di processi biologici e chimico-fisici per il trattamento delle acque di scarico ed il trattamento e lo smaltimento dei fanghi con particolare riguardo alla loro possibile utilizzazione, in agricoltura, come fertilizzanti. Le ricerche sul trattamento delle acque di scarico si avvalgono della collaborazione del Ministero dell'Agricoltura e Foreste, delle Regioni, della Cassa per il Mezzogiorno e di Istituti Universitari. Per queste ricerche l'Istituto dispone di impianti pilota installati nel reparto di Bari e di due unità mobili che possono essere utilizzate presso le industrie che presentano particolari problemi di scarichi.
È attualmente in costruzione un impianto pilota presso la centrale di depurazione di Bari-Ovest.

Nel settore Gestione Risorse Idriche particolare rilievo assume lo studio dei problemi relativi alla gestione delle risorse e alla protezione della foce di un grande bacino idrografico. In questa fase si stanno verificando i modelli matematici messi a punto per il bacino idrografico del fiume Tevere che è stato studiato intensamente negli ultimi anni mediante stazioni di rilevamento dati. Per svolgere questo lavoro l'Istituto dispone del linguaggio MPSX, installato sull'elaboratore IBM del CNUCE, cui accede tramite un proprio terminale. Vengono valutati gli aspetti economici relativi all'uso agricolo ed industriale dell'acqua del bacino del Tevere.
Altre linee principali di ricerca in questo settore riguardano lo studio del comportamento delle acque di ritorno dai terreni soggetti ad irrigazione e, per quanto riguarda le acque sotterranee, indagini sul fenomeno

di inquinamento delle falde e sulla possibilità di una loro ricarica artificiale. Infine prosegue un programma di ricerche, promosso nel 1971, tendente a valutare gli acquiferi profondi della Valle Padana. L'indagine interessa le pianure veneta e romagnola per complessivi 46.000 km². Collaborano alla ricerca gli istituti di Geologia delle università dell'area padana: Torino, Pavia, Milano, Bologna, Modena, Parma, Ferrara, Padova, Trieste.

Per quanto riguarda la qualità delle acque nuove responsabilità ricadono oggi sull'Istituto che deve garantire, unitariamente all'Istituto Superiore di Sanità, la collaborazione scientifica e tecnica al Comitato dei Ministri previsto dalla legge n. 319 del 10-5-1976 « Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento ». La legge indica come metodi analitici ufficiali quelli pubblicati dall'Istituto per cui si sta preparando una revisione ed un aggiornamento del manuale *Metodi analitici per le acque* edito dall'IRSA nel 1972.
Continuano, inoltre, in questo settore, i rilevamenti delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei corpi idrici superficiali allo scopo di disporre di una mappa generale della situazione Italiana. Nel quadro di una indispensabile valutazione degli effetti dei vari agenti inquinanti sui compartimenti biotici vengono particolarmente studiati i problemi connessi al fenomeno dell'eutrofizzazione che interessa le regioni italiane dell'Alto Adriatico a causa dell'enorme fioritura di alghe sulle coste.

Molte delle ricerche dell'Istituto si inquadrano nel progetto finalizzato 'Promozione della qualità dell'ambiente' avviato dal CNR nel 1976.
L'IRSA pubblica periodicamente i propri Quaderni che comprendono anche rapporti annuali sulle attività di ricerca.

È STATO PUBBLICATO

INDEX GENERALIS 1907-1975

di

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Presentato dal Prof. Giuseppe Montalenti dell'Istituto di Genetica, Facoltà di Scienze della Università di Roma.

L'Index Generalis consiste di un volume di 100 pagine. In esso sono catalogati oltre 3.500 contributi di scienziati di tutto il mondo pubblicati in Scientia durante 70 anni - una storia del pensiero scientifico in questo secolo fino ad oggi.

Le regole adottate per la produzione dell'Index sono indicate in una Legenda che precede l'opera.

L'elaborazione dei dati è stata attuata dal CNUCE, Istituto del CNR.

Prezzo del volume: Europa L. 4.000, altri Paesi $6.00

Per le richieste rivolgersi a:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Work of the CNR Institute for Water Research

The Institute for Water Research (IRSA) works under the auspices of the National Research Council (CNR) and has been dealing with problems of water treatment, organization and quality control since 1967. The head offices of the Institute are in Rome, and experimental units have been set up in Bari and Milan: the former is the Bari Experimental Laboratory for water Chemistry and Technology, the latter, the Milan Experimental Laboratory for Hydrobiology Applied to Water Pollution.

During the past few years the Institute has considerably broadened the sphere of its interests; thus strengthened it constitutes a fundamental point of reference for all problems which have to do with water.

It has lost no time in intervening to resolve a series of grave national problems which have emerged in the recent past: from that of the red mud at Scarlino to that of the Manfredonia arsenic pollution, the Cavtat case and the seaweed problems along the Upper Adriatic Coast.

In the past, efforts have tended to concentrate in the area of water, and particularly sea-water, desalination. The results in this sector have been particularly satisfying, and the Institute's research group has been able to make original scientific contributions at an international level. The consolidation of knowledge in this area has allowed national industries to go ahead with extremely advanced technical applications. Many problems still remain, for instance the diffusion of these methods at both political and industrial level, and the lack of trained personel in the Boards dealing with the running of the installations, but nevertheless, many satisfactory applications have been made. To mention but a few there are the Brindisi, Vieste, Pantelleria and Giglio Island plants.

The Bari plant with its 2000 m^3 daily capacity built for the ENEL station is of particular interest. The plant is based on a process (multiflash coupled with desulfation of the feeding waters) worked out and patented by the IRSA.

IRSA has also patented an Ion Exchange Electrodyalsis Process. A plant based on this process has been built in the Negev Desert (Israel) under the auspices of the UNO. Through research contracts awarded to Montecatini-Edison, the first Italian Reserse Osmosis and Electrodyalsis membranes have been built. Laboratory testing on pilot plants suggests that these membranes will soon be competing with the American and Japanese ones which at present monopolize the world market.

The energy crisis of the past few years has had a marked effect on the use of desalination plants: much research has become unfeasible, and that which remains is mostly in the direction of the improvement of low energy-consumption plants.

These particular difficulties, along with the dramatic increase in the problem of water pollution, have encouraged the Institute to reconvert, at least partially, some of its

existing research structures. The Bari laboratory, mainly dedicated to technological applications at the pilot plant level, has gradually moved away from research into desalination towards research into the purification of urban and industrial waste waters.

When highly toxic or valuable substances have to be removed from these waters, various processes already employed in desalination prove to be feasible: Reserve Osmosis, Electrodyalsis, Ion Exchange.

The problems in this wide and complex sector are mainly to do with the study of biological and physico-chemical processes for the treatment of waste waters and sludge disposal. Particular attention is paid to the possible use of sludges as a fertilizer in agriculture.

Research work is undertaken in collaboration with the Ministry of Agriculture and Forestry, the Regions, the Fund for Southern Italy, and university institutes. The Institute makes use of pilot plants installed in the Bari Laboratory and of two mobile units which can be used for the treatment of particular industry wastes.
A pilot plant is at present being built at the Bari-West purification station.

In the Water Resources field important work is done on resources management and outlet protection in large hydrographic basins. Mathematical models worked out for the hydrographic basin of the River Tiber, much studied recently through data survey stations, are tested in this phase.

For this task the Institute makes use of the MPSX language, installed on the CNUCE IBM computer and accessible by means of its own special terminal. Evaluations are made of the economic aspects relative to the use of water from the Tiber basin for agricultural and industrial purposes.

Other major research areas in this sector deal with the behaviour of water returning from irrigated land and, with respect to underground water, the pollution of aquifers and the possibility of recharging them artificially. Finally there is a research programme which got under way in 1971 and which aims at evaluating the deep aquifers of the Po valley. The area covered is about 46,000 sq. km and comprises the Venetian and Romagna plains. The programme entails the collaboration of the Geology Institutes of the universities in the Po area: Turin, Pavia, Milan, Bologna, Modena, Parma, Ferrara, Padua, Triest.

As for water quality, the Institute together with the Higher Institute of Health and Hygiene, today has to bear new responsibilities in guaranteeing. scientific and technical collaboration on the Committee of Ministers, as forseen by the law no. 319 of the 10/5/1976 « Norms for the Protection of Water from Pollution ». The official analytical methods indicated by the law are those published by the Institute. A revision and updating of the manual, *Analytical Methods for Water*, published by the IRSA in 1972, is now in preparation. This sector also includes continual research work into the physical, chemical and biological characteristics of surface water, with the aim of producing a general map of the Italian situation. The problems connected with the phenomenon of eutrophization caused by the vast expansion of seaweed along the Upper Adriatic coast are the object of particular study in the more general framework of research into the effects of polluting agents on biotic behaviour.

Much of the work undertaken by the Institute is part of the project promoted by the CNR in 1976, 'Towards Environmental Quality'. IRSA publishes its own Proceedings regularly; these also include annual reports on research activity.

Esperimento e teoria nell'opera di Maxwell

Le misure per le unità assolute elettromagnetiche e la velocità della luce

SALVO D'AGOSTINO
Università di Roma

I GLI ESPERIMENTI PER LE MISURE ASSOLUTE DI RESISTENZA DEL 1862-65 E LA DEFINIZIONE DEI DUE SISTEMI 'ASSOLUTI' DI UNITÀ ELETTRICHE E MAGNETICHE

Nelle analisi storiche, anche le più recenti, dell'opera di James Clerk Maxwell (1831-1874), è stata sottovalutata, o ignorata, l'influenza che l'elettrodinamica tedesca, e l'opera di Wilhelm Weber (1804-1891) in particolare, ebbero sulla formazione del contesto teorico maxwelliano.
È invece spesso messo in evidenza soltanto il contrasto fra le concezioni di Maxwell e della scienza inglese con le idee fondamentali espresse dall'elettrodinamica tedesca dell'azione a distanza.
Certamente questa opposizione di contesti teorici risulta dalla lettura dei documenti storici, ma assieme ad essa è possibile riscontrare notevoli elementi di continuità o, per meglio dire, il riecheggiamento e la trasformazione di una tematica, che è quindi in questo senso comune alla scuola continentale ed alla scuola inglese.
Si tratta, in breve, del grande tema dei sistemi assoluti elettrodinamici, tema che copre tutta la ricerca ottocentesca da Gauss sino a Kelvin, almeno.
Maxwell vi fu esposto in modo netto in occasione della sua partecipazione ai lavori sulla determinazione dello standard di resistenza elettrica, nell'ambito delle attività della 'British Association for the Advancement of Science'.
Alcune brevi notizie sulla storia e gli scopi istituzionali della 'Association' serviranno a precisare le linee di questa attività[1].
Fondata nel 1831, « per dare un maggiore impulso ed una direzione più sistematica alla ricerca scientifica, per promuovere gli scambi fra i cultori di scienza dell'Impero Britannico e con gli scienziati stranieri, per ottenere una più vasta adesione agli scopi della scienza e la rimozione di ogni ostacolo di carattere sociale che ne impedisca il progresso », l'Associazione doveva riunirsi per statuto ogni anno in sedute di durata settimanale, insediando una Commissione Generale per coordinare lo svolgimento dei lavori che si effettuavano per commissioni separate a seconda delle varie discipline. È un indizio dell'importanza dell'Associazione il fatto che nel-

l'anno 1859 la Commissione Generale era stata presieduta dal Principe Consorte.

Nel 1862 fu nominata la 'Committee on Electrical Measurements'[2] incaricata di determinare il migliore sistema di misure elettriche; di essa facevano parte fra gli altri: C. Wheatstone, W. Thomson, Fleeming Jenkin, J. C. Maxwell, C. W. Siemens, Belfour Stewart, Joule[2].

L'intervento di Maxwell, assieme a quello di Kelvin, fu decisivo nell'orientare i lavori della Commissione. Nella Prefazione alla raccolta dei lavori scientifici di Maxwell[3] (scritta nel 1890 da W. D. Niven, uno dei suoi allievi), si legge:

« Nel 1862-63 egli [Maxwell] prese parte preminente negli esperimenti organizzati da una Commissione della British Association per la determinazione della resistenza elettrica in unità assolute e per una soddisfacente sistemazione delle misure elettriche. Gli esperimenti, condotti nel laboratorio del King's College secondo un piano dovuto a Sir W. Thomson, consistettero in due lunghe serie di misure effettuate in anni successivi. Nel primo anno i membri [della Commissione] che partecipavano ai lavori furono Maxwell, Belfour Stewart, Fleeming Jenkin; nel secondo il posto di Stewart fu preso da Charles Hockin. Il lavoro della Commissione fu comunicato alla British Association nella forma di Report e fu in seguito ripubblicato in un volume da Fleeming Jenkin ».

Si trattava di determinare la misura in unità assolute[4] di una resistenza campione e di determinare un metodo per la misura, nelle stesse unità, delle grandezze elettriche.

La notizia data da Niven è interessante perché proprio nei numeri di febbraio e marzo del 1862 del *Philosophical Magazine*, Maxwell pubblicava la seconda parte del Saggio *On Physical Lines of Force*, decisiva per la sua teoria elettromagnetica della luce.

Questa coincidenza, per quanto mi risulta, non era stata sino ad oggi evidenziata nella letteratura storica su Maxwell. Essa è a mio parere rilevante per un lettura della fondamentale memoria maxwelliana del 1862, la prima memoria in cui Maxwell enunciò una teoria del campo elettromagnetico ed una teoria elettromagnetica della luce.

Il resoconto dell'impostazione dei lavori e del risultato degli esperimenti per il primo anno fu pubblicato[5] su *The Report of the British Association for the Advancement of Science*, per il 1863:

« La commissione per le misure elettriche nominata nel 1862 *non ha limitato la sua attenzione a determinare la migliore unità di resistenza elettrica*, l'argomento a cui essa era vincolata nel 1861 per il suo mandato, *ma ha visto questo problema di importanza relativamente limitata, solo come un aspetto dell'argomento più vasto delle misure elettriche in generale*. La Commissione, dopo matura considerazione, è dell'opinione che il sistema delle cosidette unità elettriche assolute, fondate su misure puramente meccaniche, non è soltanto il migliore sistema sino ad oggi proposto, ma è anche il solo che è coerente con quello che oggi si sa sulle relazioni esistenti fra

i varii fenomeni elettrici e le loro connessioni con le misure fondamentali di spazio, tempo, massa. Se la Commissione ebbe delle esitazioni, queste riguardavano solo il dubbio sul grado di precisione con cui questo ammirevole sistema avrebbe potuto avere o aveva già avuto una pratica realizzazione » [corsivi miei, S. D'A.].

Come si può notare l'interesse tecnologico di stabilire un *étalon* di resistenze è visto qui sullo sfondo del problema più generale della determinazione di un sistema assoluto di unità, con un chiaro riferimento alle idee di Weber (che è d'altra parte citato varie volte nel *Report* come l'ispiratore del programma dei sistemi elettrodinamici assoluti). La trasformazione di un programma tecnologico, la determinazione di un campione pratico delle resistenze, in una operazione di vasta portata scientifica, rivela certamente la mano di Maxwell e di William Thomson; essi sono citati fra gli autori del *Report*, assieme a Wheatstone, a Joule ed altri.

La parte introduttiva del *Report* non è, invece, firmata. Tuttavia si può arguire dallo stile compositivo e dal tipico procedimento argomentativo che è opera di Maxwell. Lo stesso Maxwell, d'altra parte, compose una vasta appendice, firmata, allo stesso *Report* del 1863 a cui avrò occasione di riferirmi.

Nella parte introduttiva al *Report* si espongono le idee relative a due sistemi assoluti di misura, i sistemi elettrostatico ed elettromagnetico. L'accentuazione della esistenza di due sistemi di misura elettrici, dimensionalmente « incompatibili l'un l'altro » è un aspetto nuovo rispetto al contesto weberiano in cui era prevalente il concetto di riduzione di tutte le misure di carica e di corrente all'« unità meccanica » cioè elettrostatica. Maxwell propone *due* sistemi di misura, l'elettrostatico e l'elettromagnetico.

Questo arricchimento della metrologia era possibile in quanto, in seguito alla formulazione della conservazione dell'energia ad opera di Helmholtz e Thomson, e all'espressione dell'energia di una corrente sotto forma del calore di Joule (1841), veniva a rendersi disponibile una quarta legge elettrica, oltre a quelle di Coulomb, di Ohm, ed alla definizione di corrente. Ciò consentiva di determinare, in modo più semplice ed univoco, unità di misura nel sistema elettrostatico per la carica, la corrente, la forza elettromotrice e la resistenza. La legge di Joule consentiva cioè di determinare in modo autonomo il sistema cosidetto elettrostatico[6]; in modo analogo la legge dei fenomeni magnetici ed elettrodinamici consentivano la determinazione di tutte le unità del sistema elettromagnetico. Questa importante conseguenza della legge di Joule in campo metrologico è esplicitamente notata dagli autori del *Report*[7]. Ad ogni modo nel primo anno di lavoro la Commissione non ritenne di dover presentare un campione rappresentativo della unità di misura elettrromagnetica della resistenza sia per difficoltà incontrate nella precisione delle misure — l'unità determinata dalla Commissione differiva dell'otto per cento circa rispetto

a quella determinata da Weber e fissata da Jacobi in un campione di argento — sia per difficoltà relative alla stabilità dei materiali[8].

Per la linea di questo articolo è interessante osservare che Maxwell attribuisce un *significato fisico* al risultato che la resistenza ha, nel sistema elettromagnetico, le stesse dimensioni di una velocità.
Maxwell[9] osserva:
« ... una curiosa conseguenza delle precedenti considerazioni è che la resistenza di un conduttore in misure assolute è realmente espressa da una velocità... la resistenza di un conduttore *può essere espressa* o definita come uguale alla velocità a cui esso si deve muovere, nelle condizioni opportune già descritte per generare una corrente uguale al prodotto della lunghezza del conduttore per l'intensità del campo magnetico; o più semplicemente, *la resistenza di un circuito è la velocità* con cui un conduttore di lunghezza unitaria si deve muovere attraverso un campo magnetico di intensità unitaria per generare nel circuito una corrente unitaria ». [corsivi miei, S. D'A.]

Si noti il crescendo con cui Maxwell passa alla concezione del significato fisico della dimensione di una grandezza: se la resistenza ha le dimensioni di una velocità essa *è* una velocità. Maxwell inizia qui quel suo tipico procedimento di attribuire un significato fisico alle dimensioni di una grandezza. Esso è alla base della concezione che l'esistenza di due sistemi assoluti ha anch'essa un fondamento fisico, e si prolungherà poi nell'altra concezione, mutuata da Weber, di attribuire un significato fisico anche al rapporto fra le unità di una stessa grandezza nei due sistemi, specificatamente al rapporto fra le unità di carica, detto rapporto elettromagnetico, identificandolo con una velocità.
La grande e sorprendente modifica che Maxwell apporta alla teoria di Weber del rapporto elettromagnetico è l'affermazione che questa velocità è una velocità di propagazione di un'onda, non una velocità critica di moto delle cariche, come affermava Weber[10]. Questa modifica richiese una ricostruzione di significati, una *unificazione* di aspetti ritenuti distinti nella teoria di Weber per cui sembra appropriato considerarla come un'operazione *sui generis* e caratteristica di Maxwell.

Per esprimere tutto questo ho ritenuto di dover indicare l'operazione maxwelliana con un termine già adoperato dallo storico tedesco Wiederkeher[11]: '*Verknüpfungrelationen*' o relazioni di unificazione, di connessione (in breve, nel seguito: *Verknüpfung*).

Ai processi concettuali che precedettero e seguirono la *Verknüpfung* maxwelliana, all'attività sperimentale di Maxwell da cui essa poté trarre spunti e suggerimenti, saranno dedicate le pagine seguenti.

È intanto rilevante per la cronologia dei lavori di Maxwell, e per l'identificazione di questi processi, sottolineare che l'introduzione all'articolo del *Report* si chiude, dopo il consuntivo del 1861, con un programma per l'anno successivo, fra cui figura, oltre il proseguimento dei lavori per la resistenza,

anche la determinazione del rapporto elettromagnetico[12]: « saranno intrapresi esperimenti sul rapporto fra le unità elettrostatiche e quelle elettromagnetiche ».

Sia il consuntivo dei lavori per il 1861, sia il preventivo dei lavori per il nuovo anno erano elementi importanti per ottenere una ulteriore riconferma della Commissione, riconferma che, nello statuto dell'Association, doveva avvenire anno per anno. Queste considerazioni possono anche giustificare l'impegno con cui Maxwell, insieme a Fleeming Jenkin, scrisse l'*Appendice C* allo stesso *Report* dal titolo[13] *Sulle Relazioni Elementari fra Misure Elettriche.* Un'esposizione elementare del problema dei sistemi assoluti in elettrodinamica si rendeva quanto mai opportuna per smuovere le eventuali ostilità di quei membri dell'Associazione più direttamente interessati a questioni riguardanti applicazioni dirette, specie dopo quello che era stato in qualche modo un fallimento della Commissione nel determinare e costruire, nel primo anno di lavori, il campione in unità assolute di resistenza. Un'analisi dell'*Appendice C* dello stesso *Report* del 1863, firmata da Maxwell, servirà a chiarire alcuni dei punti precedenti e ad introdurne di nuovi. Maxwell giustifica il programma di misure con la necessità di dare una risposta alla richiesta di conoscenze pratiche sulle misure elettriche (lo stesso tipo di richieste tecnologiche già presentate da Weber): « Il progresso e la diffusione del telegrafo elettrico ha reso necessaria una conoscenza pratica dei fenomeni elettrici e magnetici ad un largo numero di persone che sono più o meno occupate nella costruzione e nel funzionamento delle linee; vi è inoltre l'interesse di molti altri che vogliono conoscere l'uso delle reti di fili che li circondano ».
Per quanto riguarda più precisamente la definizione di unità assolute, Maxwell afferma che « i fenomeni attraverso i quali l'elettricità ci si manifesta sono di tipo meccanico e quindi devono essere misurati mediante unità o standard meccanici »[14]. La dichiarazione sembra meno stringente, nella sua connotazione fenomenologica, della esplicita richiesta weberiana di una fondazione meccanica[15].
Maxwell afferma: « Quando parliamo di quantità di elettricità non è necessario concepirla come un oggetto separato o un'entità distinta dalla materia ponderabile, non più di quanto facciamo parlando del suono a cui non attribuiamo un'esistenza indipendente. Eppure è utile parlare dell'intensità e velocità del suono per evitare noiose circonlocuzioni; nello stesso modo possiamo parlare di elettricità senza pensare neanche minimamente che esista un reale fluido elettrico »[16].
Maxwell sta qui preparando quello spettacolare rovesciamento di contesto relativo al significato del fattore di Weber. Per intanto egli cominciava a porre in dubbio la realtà delle cariche elettriche, in quanto entità diversa dalla materia. Maxwell, e la scuola inglese in genere, mostravano inoltre, a differenza della scienza tedesca, una predilezione verso una definizione delle grandezze che oggi diremmo di carattere 'operativo'. È questo il caso, ad esempio, per la resistenza in unità assolute elettromagnetiche, la quale

ha, nel sistema elettromagnetico, le dimensioni di una velocità[17]. Maxwell cita[18], a questo proposito, il procedimento di misura di una resistenza in unità assolute proposto da William Thomson, in cui la resistenza di un conduttore mobile viene misurata, mediante un esperimento di induzione elettromagnetica, mediante quella particolare velocità di scorrimento del conduttore stesso in un circuito chiuso di area variabile che produce una data intensità di corrente indotta nel circuito.

Lo scopo di questa, come di altre definizioni operative di grandezze presentate in questo stesso scritto da Maxwell, è, in questo caso, quello di attribuire un significato fisico alla dimensione di una grandezza, concezione che Mawxell farà culminare nel 1873 nell'ultima parte del *Trattato*, con la formulazione di una teoria delle dimensioni dei sistemi assoluti.
Si può dire che, già nel 1862, egli passa da affermazioni dimensionali ad affermazioni esistenziali. Esemplare il caso del rapporto di conversione di Weber, introdotto come « Rapporto fra le Misure di Quantità [Elettrica] Elettrostatica ed Elettromagnetica »[19]: « ... poiché nel passaggio da un sistema all'altro dobbiamo impiegare il rapporto q/a [il rapporto fra la misura elettrostatica ed elettromagnetica di carica], questo rapporto *avrà le dimensioni* L/T; cioè il rapporto *è* una velocità» [i corsivi sono miei, S. D'A.]. Nel seguito del passo Maxwell attribuisce a Faraday una «prima stima della relazione fra la quantità di elettricità misurata staticamente e la quantità trasferita da una corrente in un dato tempo ». Presenta inoltre l'affermazione, identica a quella che figura nella Memoria *On Physical Lines of Force*, che il fattore di Weber v non differisce « dal valore stimato della velocità della luce più di quanto queste ultime quantità differiscono una dall'altra ». Termina con la dichiarazione che « v deve essere sempre una costante, reale velocità in natura e dovrebbe essere misurata nei termini di un sistema delle unità fondamentali adottate nelle misure elettriche ».
L'affermazione che una determinazione di v sarà parte dei lavori della Commissione per il 1863-64, chiude il passo. È interessante rilevare come non vi sia alcun cenno esplicito ad una teoria elettromagnetica della luce, che Maxwell stava preparando proprio in quegli anni, ma che viene sottolineata soltanto la fondamentalità del rapporto di Weber e la sua realtà fisica come velocità. È quasi una operazione di appoggio alla sua grande teoria che Maxwell compie, in parallelo al suo lavoro teorico, nell'ambito della attività della Committee.

II LA MISURA DEL RAPPORTO ELETTROMAGNETICO E LA MEMORIA DEL 1868

Per difficoltà incontrate le misure del rapporto elettromagnetico dovettero essere posticipate sino al maggio del 1868. A queste misure si fa cenno nel *Report* dell'Associazione dell'anno 1869; in esso sono descritti gli esperimenti per la misura di v eseguiti secondo i metodi di Thomson e di Max-

well. La descrizione dell'apparato di misura adoperato da Maxwell merita di essere riportata[20]:
« L'esperimento consistette nell'osservazione dell'equilibrio fra l'attrazione elettrostatica di due dischi ad una data differenza di potenziale, e la repulsione elettromagnetica di due bobine attraversate da una certa corrente. A questo scopo quello dei dischi che portava sul rovescio una delle bobine era connesso ad un braccio di una bilancia di torsione, mentre l'altro recante la seconda bobina poteva essere mosso a varie distanze dal disco sospeso per mezzo di una vite micrometrica. Un'altra bobina attraversata dalla stessa corrente nella direzione opposta era fissa all'altro braccio della bilancia in modo da neutralizzare l'effetto del magnetismo terrestre ».
Maxwell aggiunge che il disco mobile nella posizione di zero si trovava sullo stesso piano di un anello di guardia, « come negli elettrometri di Sir W. Thomson ». Non era quindi adoperato l'elettrometro di Thomson ma era messa a profitto l'invenzione dell'anello di guardia per assicurare l'uniformità del campo.
L'esperimento fu inoltre pubblicato su *Philosophical Transactions* con il titolo *Su un metodo per confrontare direttamente la forza elettrostatica con quella elettromagnetica; accompagnato da una nota sulla teoria elettromagnetica della luce* (1868). Questo scritto di Maxwell è stato considerato dagli storici come un lavoro minore in confronto alle altre due più estese memorie in cui viene affrontata la teoria del campo elettromagnetico e la teoria elettromagnetica della luce. È mia opinione invece che, sia per l'esperimento sia per la presentazione della teoria, rappresenti un'importante svolta nel pensiero maxwelliano, fra le memorie elettromagnetiche, *Sulle linee di forza fisiche* (1862-63), *Una teoria dinamica del campo elettromagnetico* (1865), da una parte, e il *Trattato sulla elettricità ed il magnetismo* (1873), dall'altra.
Si tratta, in breve, della transizione fra una impostazione della teoria elettromagnetica dell'ottica in cui l'elasticità aveva un ruolo decisivo (1862-63), ed un collegamento fra ottica ed elettromagnetismo fondato su una più diretta interpretazione del ruolo del fattore di Weber quale velocità di propagazione delle onde luminose (1873).

L'esperimento di Maxwell merita di essere analizzato in altra sede, anche come esempio di un esperimento avanzato di elettromagnetismo a metà ottocento. Esso presentava difficoltà tecniche di ordine meccanico — dovevano essere misurati allineamenti a meno di un millesimo di pollice, circa un terzo di millimetro, su equipaggi mobili di dimensioni dell'ordine dei decimetri — e difficoltà nell'affidamento da attribuire alle misure elettriche, per difficoltà di isolamento, polarizzazione delle batterie, interferenze del campo magnetico terrestre, ecc.
Le operazioni di misura di v si presentavano come letture del valore di resistenza, in accordo anche con il fatto che le dimensioni di una resistenza nel sistema magnetico erano quelle di una velocità; aveva interesse

fondamentale per la determinazione di v, la lettura di una grande resistenza di circa un milione di Ohm, che era stata preventivamente tarata in unità assolute elettromagnetiche.
L'esperimento consisteva quindi nel bilanciare forze elettrostatiche (prodotte da una differenza di potenziale ai capi di una resistenza percorsa da una corrente a) con forze elettromagnetiche (prodotte da una altra corrente b); il fattore di Weber appariva nell'equazione come fattore di conversione fra le unità in cui erano rispettivamente espresse le due forze nell'equazione di equilibrio[21].
Il valore trovato da Maxwell è:
$v = 28.798$ Ohms $= 288000000$ metri al secondo, un risultato molto inferiore a quello già trovato da Weber e Kohlraush ($V = 310740000$ metri al secondo).
Nella *Nota*[22] Maxwell si propone un metodo diverso per giungere alla *Verknüpfung*. Il suo commento[23] è:
«In uno scritto sul campo elettromagnetico di qualche anno fa [*A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* (1865)] ho esposto alla Società Reale le ragioni che mi avevano indotto a credere che la luce è un fenomeno elettromagnetico, le cui leggi possono essere dedotte da quelle dell'elettricità e del magnetismo in base alla teoria che tutti questi fenomeni siano modificazioni [*affections*] di uno e di un solo mezzo... L'enunciato della teoria elettromagnetica della luce nel mio scritto precedente era collegato con molte altre ricerche elettromagnetiche e non fu quindi facilmente compreso in quanto tale [*when taken by itself*]. Propongo quindi di enunciarlo in quello che io credo sia la forma più semplice, deducendolo da fatti riconosciuti e mostrando la connessione fra gli esperimenti già descritti e quelli che determinano la velocità della luce ».

Nella *Nota*, questo procedimento più semplice e strettamente aderente, secondo Maxwell, ai fatti sperimentali, è il seguente: l'equazione di equilibrio, che ha servito per determinare v, il fattore di Weber, viene ora scritta in termini di campi elettrici e magnetici, per cui vi figurano la capacità induttiva specifica k (l'inverso della nostra costante dielettrica) e la permeabilità magnetica μ, per l'etere, in quanto esso è il mezzo in cui le forze si propagano. Chiamerò questa equazione l'equazione 'teorica' di equilibrio. Si noti che in essa *non figurano fattori di conversione*: essa è valida a prescindere dal sistema in cui le grandezze sono espresse. La equazione di equilibrio 'teorica' viene poi riconvertita in termini di potenziali e correnti e confrontata con la sua analoga (sperimentale!) *in cui figura il fattore di Weber.*
Il confronto permette di esprimere il fattore di Weber v in termini di k e μ:

$$v^2 = \frac{\mu\, k}{4\,\pi}$$

Questo passo rappresenta un punto fondamentale per la *Verknüpfung*, in quanto il fattore di Weber è stato collegato a grandezze caratteristiche della teoria del campo elettromagnetico, prescindendo dalla mediazione elastica. A Maxwell non resta ora che scrivere una relazione fra forze elettriche e magnetiche mediante l'ormai consueto argomento della 'corrente di spostamento', già introdotta (1862-63), trasformare tutto in termini di campo magnetico ed ottenere la ben nota equazione di D'Alembert, in cui si ha per la velocità di propagazione V:

$$V^2 = \frac{k}{4\,\mu\,\pi}$$

È immediato trovare: $v = \mu\, V$, e poiché nel sistema magnetico $\mu = 1$

$$v = V$$

Il fattore di Weber è stato correlato ad una velocità di propagazione, la *Verknüpfung* è realizzata. Il peso dimostrativo della *Verknüpfung* viene qui affidato, a ben riflettere, alla dimostrazione che il fattore di Weber, come coefficiente di ragguaglio fra due misure di forze elettriche e magnetiche espresse nei due sistemi assoluti, è inoltre legato alla velocità di propagazione nell'etere di una grandezza, il campo magnetico, che è, a sua volta, correlato alla forza magnetica. D'altra parte, nel procedimento di misura, che è descritto nella parte sperimentale della nota, è implicito l'assunto che ogni procedimento di misura del rapporto elettromagnetico si riduce ad un confronto fra forze elettriche e magnetiche, espresse in funzione dei rispettivi campi. L'uguaglianza fra rapporto elettromagnetico e velocità di propagazione è quindi il risultato di uno spostamento concettuale nella scelta delle grandezze significative della teoria, spostamento che consiste nel passaggio dalle forze ai campi: la *Verknüpfung* può essere realizzata solo alla condizione di non restare sul piano più 'fenomenologico' delle forze (secondo l'impostazione di Weber), ma alla condizione di un arretramento su un piano più 'astratto', quello dei campi[24]. La maggiore fattualità del processo dimostrativo e la sua maggiore semplicità, rivendicate da Maxwell nel passo citato, sono spiegabili solo se intese nel senso che non è più necessario ricorrere, per effettuare la *Verknüpfung*, a numerose ipotesi del tipo meccanico-elastico, come nelle memorie precedenti.
In definitiva la chiave di volta della dimostrazione consiste nello scrivere un'equazione di equilibrio 'teorica', in cui non figura nessun fattore di conversione fra grandezze elettriche e magnetiche, un'espressione valida *indipendentemente* da *ogni* sistema di misura[25]. Ma ciò poteva costituire un punto debole davanti alle considerazioni del 1862-63 sulla importanza per l'elettromagnetismo dei sistemi di misura assoluti, sulla loro *naturalità* e ancora di più sulla fondamentalità dei risultati ottenuti mediante l'impiego dei sistemi assoluti.

III IL PROBLEMA DELLA 'VERKNÜPFUNG' NEL 'TRATTATO SULL'ELETTRICITÀ ED IL MAGNETISMO'

Abbiamo visto che nella memoria del 1868 la *Verknüpfung* maxwelliana procedeva principalmente secondo due stadi:

1) Una determinazione della velocità di propagazione in funzione delle costanti dell'etere.
2) Una determinazione del fattore di Weber in funzione delle stesse costanti, mediante l'equazione 'teorica' dell'equilibrio fra campi elettrici e magnetici.
3) Un confronto fra le due precedenti determinazioni.
Orbene nella sua grande opera del 1873 *Trattato sull'elettricità ed il magnetismo*[26], Maxwell mantiene il primo stadio, modifica radicalmente il secondo ed elimina il terzo. Ciò viene ottenuto mediante una teoria generale dei sistemi assoluti di misura ed una teoria generale delle dimensioni delle grandezze fisiche. L'argomento viene affrontato nella parte IV del *Treatise...*, dal titolo *Elettromagnetismo,* precisamente nel capitolo X: « Dimensioni delle unità elettriche »[27].
Dopo aver definito i due sistemi assoluti, il « Sistema elettrostatico » ed il « Sistema elettromagnetico », ed aver osservato che il secondo sistema non è consistente con il primo (cioè le stesse unità hanno dimensioni differenti nei due sistemi), Maxwell si propone di « stabilire quelle relazioni fra le differenti unità che sono comuni ad ambedue i sistemi... formare quindi una tavola delle dimensioni delle unità relative a ciascun sistema »[28]. Si tratta principalmente delle proprietà di alcuni prodotti di grandezze che hanno le stesse dimensioni nei due sistemi. Ad esempio, i seguenti prodotti hanno le dimensioni di un'energia, indipendentemente dal particolare sistema assoluto prescelto:

quantità di elettricità × potenziale elettrico,
quantità di magnetismo libero × potenziale magnetico,
momento elettrocinetico × corrente elettrica[29].

Maxwell mostra quindi che per determinare le dimensioni, in termini meccanici di lunghezze, masse e tempi, delle grandezze elettriche e magnetiche, basta fissare le dimensioni della quantità di elettricità (carica elettrica nella nostra terminologia) e della quantità di magnetismo libero, o forza del polo (massa magnetica) in termini delle dimensioni su dette. Conclude affermando che « tutte le relazioni sopra scritte sono vere qualsiasi sistema di unità venga adottato ».
Sono dell'opinione che Maxwell, nelle pagine citate, mostrando che esistono proprietà dimensionali indipendenti dalle unità, voglia mettere in risalto la stabilità di alcune proprietà dimensionali (una rilevanza teoretica del concetto di dimensione), in vista di un'operazione a cui accennerò fra poco. Per contro, la definizione dell'unità di misura è soggetta ad una scelta arbitraria, soggiace alle condizioni di una convenzionalità di principio, e proprietà basate sulla predetta scelta mal si presterebbero a sostenere posizioni teoriche fondamentali.

Il paragrafo successivo afferma che « I soli sistemi che abbiano valore scientifico sono i sistemi elettrostatico ed elettromagnetico... »[30].
Un commento a questa interessante postulazione di Maxwell è qui opportuno. Essa rappresenta infatti una posizione tipica dell'autore che si

differenzia dalle posizioni di Weber sullo stesso problema. Weber nella sua opera poneva i tre sistemi di misura magnetico, elettrodinamico ed elettrolitico sullo stesso piano e determinava tre diversi fattori di conversione nei riguardi del sistema elettrostatico. Maxwell privilegia il sistema magnetico (o elettromagnetico).
Maxwell presenta quindi nelle pagine seguenti un elenco delle dimensioni delle grandezze elettriche e magnetiche rispettivamente nei due sistemi già definiti. Aggiunge quindi una tabella delle dimensioni di alcuni speciali grandezze. Nel caso della costante dielettrica K e della capacità induttiva magnetica μ si ha[31] che le dimensioni di K sono nulle nel sistema elettrostatico ed inverse nel quadrato di una velocità in quello elettromagnetico; la proprietà reciproca è valida per μ. Si tratta ancora di proprietà dimensionali indipendenti dalla scelta delle unità. Queste proprietà saranno utilizzate alla fine del *Trattato* per la nuova formulazione della *Verknüpfung*. L'enunciazione successiva[32] è invece valida per la scelta di unità meccaniche uguali nei due sistemi:
« Se le unità di lunghezza, massa e tempo sono le stesse nei due sistemi, il numero delle unità elettrostatiche di elettricità contenute in una unità elettromagnetica è numericamente uguale ad una certa velocità, il cui valore assoluto [nel sistema assoluto?] non dipende dalla grandezza delle unità fondamentali impiegate. Questa velocità è *un'importante quantità fisica* che indicheremo con il simbolo v » [i corsivi sono miei, S. D'A.].
Il passo è significativo perché Maxwell vi prepara quella 'transizione' da proprietà dimensionali a proprietà fisiche, preannunziata nel 1862, che caratterizza, lo diciamo sin da adesso, il nucleo dell'operazione della *Verknüpfung* nel *Trattato*.
La transizione si può così formulare: se una grandezza X ha le dimensioni di una velocità essa *è*, cioè rappresenta fisicamente, una velocità. È noto come questa posizione non è più oggi sostenibile, ed il merito di aver chiarito questo aspetto va principalmente alla scuola tedesca dei primi decenni del secolo, specie a A. Sommerfeld[33].

La posizione di Maxwell è, nella difesa della 'transizione', molto articolata, ripresa ed illustrata da diversi punti di vista, nessuno dei quali sembra, in se stesso, pienamente soddisfacente.
Una linea argomentativa è appunto quella di servirsi delle proprietà dimensionali per passare alle proprietà fisiche: in appoggio a questa linea l'argomentazione maxwelliana si serve delle proprietà dimensionali (già illustrate più sopra), di essere indipendenti dalle particolari unità, come di un parallelismo alla proprietà di una grandezza fisica di essere indipendente dalle unità di misura[34] (vedi sopra passo citato) — nel senso che la *grandezza*, ovviamente, non cambia al cambiare delle unità, mentre la sua *misura* cambia secondo la ben nota legge.
A conferma ed illustrazione di questa tesi leggasi il passo[35]:
« La grandezza assoluta delle unità elettriche in ambedue i sistemi dipendono dalle unità di lunghezza, tempo e massa che noi adottiamo, ed

il modo in cui essi dipendono da queste unità è differente nei due sistemi così che il rapporto delle unità elettriche sarà espresso da un numero differente, a seconda delle differenti unità di lunghezza e di tempo. Risulta dalla tabella delle dimensioni, Art. 628, che il numero delle unità elettrostatiche di elettricità (contenute) in una unità elettromagnetica varia inversamente con l'unità di lunghezza, e direttamente con la grandezza dell'unità di tempo che noi adottiamo. Se, di conseguenza, noi determiniamo una velocità che è numericamente rappresentata da questo numero, allora, anche se adottiamo nuove unità di lunghezza e di tempo, il numero che rappresenta questa velocità sarà ancora il numero delle unità elettrostatiche di elettricità in una unità elettromagnetica, (misurato) secondo il nuovo sistema di misura ».

Nell'ultimo passo si potrebbe riscontrare una contraddizione con il passo precedente che afferma che il « valore assoluto » di questa « certa velocità » « non dipende dalla grandezza delle unità fondamentali impiegate », mentre il passo ultimo afferma che il « numero che rappresenta queste velocità » cambierà con il cambiare delle unità. La contraddizione è apparente e si sana attribuendo a « valore assoluto » il significato di *grandezza*, invariante rispetto alle unità di misura, mentre la misura varia con le unità.

Le molte vie seguite da Maxwell nella sua affermazione della legittimità di una 'transizione' da proprietà dimensionali a proprietà fisiche sono, secondo il mio convincimento, l'indizio di una difficoltà celata, quasi di una intrinseca contradditorietà del procedimento: essa consiste nel fatto che la legalità della transizione era messa in dubbio dalla stessa proprietà fondamentale della metrologia maxwelliana, che la *stessa* grandezza elettrica o magnetica aveva, nei due sistemi, dimensioni *differenti*. La correlazione proprietà dimensionali = proprietà fisiche non era quindi biunivoca, almeno per tutte le grandezze fisiche.

Sotto questo aspetto acquista rilevanza nella teoria di Maxwell, la proprietà di una speciale grandezza, ottenuta dalle precedenti K e μ, precisamente $1/\sqrt{K\mu}$ le cui dimensioni, in base alle proprietà dimensionali di K e μ, già notate, sono, *in ognuno dei due sistemi*, sempre quelle di una velocità. La transizione precedente non incontra quindi, almeno per questa grandezza, la difficoltà della non biunivocità.

Maxwell commenta:

« Questa velocità quindi, che è un'indizio [*indicates*] della relazione fra fenomeni elettrostatici ed elettromagnetici, è una quantità naturale di determinata grandezza e la misura di questa quantità rappresenta una delle più importanti ricerche di elettricità »[36].

La proposizione di transizione non deve evidentemente soddisfarlo completamente se ritiene, subito dopo il passo citato, di ricorrere ad altre argomentazioni per mostrare che la grandezza in oggetto è, fisicamente, una velocità. Anche al costo — e non è qui fuor di luogo riferirsi ad una massima tensione dello sforzo costruttivo di Maxwell — di ricorrere ad

argomentazioni di tipo weberiano, di indursi cioè a dimostrare che questa velocità fisica è una *velocità di moto dei corpi* (una velocità convettiva, diversa da quella velocità dell'onda di cui si dovrà servire in seguito la *Verknüpfung*).

Le argomentazioni « per mostrare che questa quantità è *realmente* una velocità » e per « ottenere una concezione fisica [*a physical conception*] di questa velocità », sono le due seguenti:

— indicando con n il fattore Weber si dimostra che esso rappresenta la velocità con cui si dovrebbero allontanare due piccoli conduttori, affinché, qualora si potessero caricare con le quantità trasportate dalle correnti che li attraversano al tempo t, la loro azione elettrostatica possa venire equilibrata da quella magnetica[37]. Una considerazione ripresa in parte da Weber[38], con la differenza però che qui si parla di corpi macroscopici carichi di elettricità. Insomma in due corpi, le cui cariche aumentino linearmente nel tempo, e che siano quindi sedi di correnti, le attrazioni elettrostatiche, preponderanti, possono essere bilanciate dalle repulsioni magnetiche solo al costo di un progressivo allontanamento dei due corpi alla velocità della luce!

La seconda argomentazione afferma:

— se due corpi carichi isolati si muovono con velocità relativa v, la loro azione elettrostatica è equilibrata da quella magnetica. Maxwell osserva che v ha un valore così alto che un esperimento sull'equilibrio è di impossibile esecuzione. Egli propone allora di far muovere un corpo carico di densità opportuna e rilevarne gli effetti magnetici « per verificare almeno il nostro assunto che un corpo elettrificato in moto è equivalente ad una corrente elettrica »[39]. L'esperimento doveva essere effettuato da Rowland a Berlino nel 1876.

A questo punto tutto è ormai pronto per l'eliminazione del secondo stadio (1868) della *Verknüpfung*. Gli argomenti precedenti sono serviti a rendere plausibile che il rapporto tra due unità di misura convenzionalmente scelte possa rappresentare una grandezza fisica, una velocità di convenzione molto grande ma finita.

Resta il compito più difficile di mostrare che essa è *anche* una velocità di propagazione dei campi. Ma esso si risolve ora, dopo l'introduzione degli strumenti del calcolo dimensionale, in un passaggio puramente formale[40]. Se, nel primo stadio, si riesce a provare che la velocità di propagazione dei campi è legata alle costanti dell'etere dalla relazione:

$$V = 1/\sqrt{K\mu}$$

allora, per le considerazioni dimensionali, indicando con v il rapporto di Weber, nel sistema elettrostatico: $K = 1$, $\mu = 1/v^2$; nel sistema elettromagnetico $K = 1/v^2$, $\mu = 1$, per cui nel vuoto è sempre

$$V = v \ .$$

IV CONCLUSIONE

In definitiva, il vantaggio del tipo di *Verknüpfung* realizzato nel *Treatise* è che essa eliminava, rispetto alla soluzione del 1868, la necessità di passaggi intermedi, troppo vincolati ad un particolare esperimento, per identificare nell'espressione $1/\sqrt{K\mu}$ il fattore di Weber. Questa identificazione viene affidata a considerazioni 'dimensionali', a cui Maxwell sembra attribuire il ruolo di caratteristiche strutturali della teoria, aventi anche significato fisico. Con questo procedimento l'apparato formale della *Verknüpfung* viene semplificato, anche nei riguardi della sua edizione 1868. Il coraggio ed il rischio che sono il necessario requisito e la contropartita della formulazione maxwelliana (1868) della *Verknüpfung*, così come di ogni nuova teoria scientifica, vengono ora celate da Maxwell nel *Treatise* dietro la apparente semplicità della deduzione formale. Così aveva fatto anche Archimede quando non aveva pubblicato il suo primo metodo per arrivare al calcolo degli indivisibili.
Il procedimento maxwelliano del *Treatise* rappresenta, d'altra parte — senza che in ciò vi sia contraddizione — il più grande successo per quanto riguarda la formulazione di una teoria elettromagnetica della luce: lo svincolamento completo da ogni intromissione di 'ipotesi' di teoria dell'elasticità[41] o di proposizioni aventi carattere troppo empirico e la sua caratterizzazione in base a risultati di tipo più osservazionale. Tuttavia, come ho fatto notare, l'ambito metateorico o, se si vuole, il paradigma concettuale, dentro cui questo successo poté essere realizzato, era quello della legittimità della transizione da proprietà dimensionali a proprietà fisiche. Questa operazione concettuale corrisponde ad una vera e propria ontologizzazione, da parte di Maxwell, del concetto di dimensione, posizione che verrà in seguito evitata da H. Hertz ed aspramente criticata da A. Sommerfeld[42].

Dalla ricerca da me condotta sugli scritti originali di Maxwell sulla teoria della identificazione del fattore di Weber con la velocità della luce — la '*Verknüpfungrelation*' — il principale indizio per Maxwell della natura elettromagnetica delle onde luminose, risulta una correlazione fra l'attività sperimentale di Maxwell con la Committee per la determinazione degli standard elettrici, e le tappe successive della formulazione della *Verknüpfung*. Risulta ancora che la *Verpknüfung* maxwelliana, dal 1862 al 1873, opera per tentativi successivi e non tutti nella stessa direzione. Maxwell si comporta spesso in modo da minimizzare le difficoltà della teoria, relegandole in parti meno evidenti della teoria stessa. Infine, la semplificazione finale viene ottenuta al costo di una ontologizzazione del concetto di dimensione.
A mio parere, queste caratteristiche del pensiero di Maxwell, davanti al problema della *Verknüpfung*, vengono bene rispecchiate se si guarda all'operare di Maxwell per risolvere il problema sotto l'aspetto di un complesso di azioni e di regole correlate ad un fine, inspirate a criteri flessibili

e con un certo grado di variabilità, in definitiva a quella che si chiama una 'strategia'. È in questa concezione di una *strategia* scientifica, come atteggiamento dello scienziato davanti a reali e difficili problemi che a lui si pongono, che acquista uno speciale significato il tema delle influenze 'esterne', nel nostro caso il lavoro di Maxwell con la Committee; esse rappresenterebbero occasioni contingenti che offrono spunti e strumenti da utilizzare nel piano strategico generale.

S. D'A.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Vedasi: *The Report of the British Association for the Advancement of Science*, 1869. I *Reports* erano la pubblicazione ufficiale che riportava la varia attività dell'Association in tutti i campi della scienza.

2 *Report of the Committee appointed by the British Association in Standards of Electrical Resistence*, in *The Report of the British Association...*, 1863, p. 111.

3 *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell, edited by W. D. Niven, M. A., F. R. S. Director of studies at the Royal Naval College, Greenwich; formerly Fellow of Trinity College.* Ristampa, Dover, N. Y., 1955. Preface, XVI.

4 C. F. Gauss e W. Weber avevano chiamato « unità assolute » le unità elettriche e magnetiche determinate in base alle unità meccaniche di massa, distanza e tempo. Weber nel 1846 aveva iniziato un'importante ricerca, che aveva anche aspetti metodologici. Vedi, fra l'altro, S. D'Agostino: *La scoperta di una velocità quasi uguale alla velocità della luce nell'elettrodinamica di W. Weber*, in *Physic*, 3-4 XVIII (1976), pp. 297-318.

5 *Report of the Committee...*, cit., p. 111.

6 Nella classificazione di Maxwell, la legge di Joule è la terza relazione delle quattro necessarie a stabilire, in modo autonomo, il sistema elettrostatico (*Report*, cit., p. 114).

7 *Report of the Committee...*, cit., pp. 114-115.

8 *Ibid.*, pp. 121-122.

9 *Ibid.*, p. 118.

10 S. D'Agostino, *La scoperta...*, cit.

11 K. H. Wiederkeher, *W. E. Weber, Erfoscher der Wellenbewegung und der Elektricitat*, Stuttgard, 1967. « Attraverso le '*Verknüpfungrelationen*' Maxwell e Jenkin interpretarono la costante di Weber, e Kohlraus come velocità della luce... » (p. 141).

12 *Report of the Committee...*, cit., p. 124.

13 Appendix C, *On the Elementary Relations between Electrical Measurements*, by professor J. Clerk Maxwell and Mr. Fleeming Jenkin in *The Report of the British Association*, 1863, p. 180.

14 *Ibid.*, p. 131.

15 S. D'Agostino, *La scoperta...*, cit.

16 Appendix C., cit., p. 136.

17 Una 'velocità assoluta' cioè una velocità « come fu messo in evidenza da Weber... del tutto indipendente dalla grandezza delle unità fondamentali in cui si esprime ». Si noti che la parola 'assoluto', riferita alla velocità, è adoperata in un senso diverso dal suo impiego che si riferisce ai sistemi; velocità assoluta qui significa esistente oggettivamente e quindi indipendentemente dal formalismo delle leggi e dalla scelta delle unità di misura (a differenza delle costanti di proporzionalità). Ma vi è una convergenza nei due significati che giustifica l'uso dello stesso termine: così come un sistema assoluto è oggettivo, nel senso che le costanti sono *costanti fondamentali* e non costanti di proporzionalità, così, secondo Maxwell, il fatto che, nel sistema assoluto elettromagnetico, la resistenza sia misurata da una velocità, comporta un significato oggettivo per questa velocità.

18 *Ibid.*, p. 146.

19 *Ibid.*, p. 149.

20 *Report of the Committee on the Standard of Electrical Resistance*, in *The Report of the British Association* (1869), p. 436.

21 *Ibid.*, p. 438.

22 *On a Method of Making a Direct Comparison of Electrostatic with Electromagnetic Force; with a Note on the Electromagnetic Theory of Light* (*Philosophical Transactions*, Vol. CLVIII), *The Scientific Papers*, cit. pp. 125-143.

23 *On a Method...*, cit., pp. 137, 138.

24 Il concetto di arretramento su un piano di maggiore complessità teorica, in questo esempio, è maggiormente evidente se si fa caso al fatto che vi è, in Maxwell, un'ulteriore distinzione nelle forze *ponderomotrici* e forze *elettromotrici*. Indicando, ad es. con X la forza ponderomotrice fra i piatti di un condensatore di raggio a, con P la forza elettrostatica, f spostamento elettrico, k capacità induttrice specifica, $P = kf$, si ha:

$$X = \frac{1}{2}\pi a^2 \frac{1}{2} P f$$

(vedi ad es.: *On a Method...*, cit., p. 142).

25 Il procedimento dimostrativo eseguito da Maxwell (*A Direct Comparison...*, cit., p. 143), da me sopra citato, viene qui esposto in formule per comodità del lettore:
La forza magnetica Y fra due spire circolari piane di raggio a' a distanza b', in cui circola corrente y, nel caso in cui $b' \ll a'$, è data da:

$$Y = 2\mu \frac{2\pi a'}{b'} y^2$$

La forza elettrica X, fra due piatti di un condensatore di raggio a, a distanza b, in un mezzo di induttività specifica k alla differenza di potenziale E:

$$X = \frac{1}{2} \frac{\pi}{k} \frac{a^2}{b^2} E^2$$

Le due equazioni sono state ricavate a partire da una teoria del 'campo elettromagnetico'.
Ponendo $X = Y$, si ha *l'uguaglianza 'teorica'*:

$$2\mu\, 2\pi \frac{a'}{b'} y^2 = \frac{1}{2} \frac{\pi}{k} \frac{a^2}{b^2} E^2$$

La relazione di uguaglianza viene scritta poi, fenomenologicamente, con il fattore di conversione v:

$$2\pi 2\frac{a'}{b'}y^2 = \frac{E^2}{8v^2}\frac{a^3}{b^3}$$

Da un confronto fra le due si ha:

$$v^2 = \frac{\mu k}{4\pi} \quad .$$

26 J. C. MAXWELL, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd Edition, 1891, Dover, 1954 (ristampa dall'edizione originale in 2 voll.).

27 J. C. MAXWELL, *A Treatise...*, cit., § 620-628. Il concetto di dimensione delle grandezze è stato trattato all'inizio del *Trattato*, nel « *Preliminary* ».

28 *A Treatise...*, cit., § 620.

29 Indicando con A il potenziale vettore, il momento elettrocinetico è:

$$\int A \times dl \quad .$$

30 *A Treatise...*, - 625.

31 *Ibid.*, § 627.

32 *Ibid.*, § 628.

33 L. SOMMERFELD, *Physikalische Zeitschrift*, 36 (1935), pp. 814, 820.

34 In altre parole: poiché le dimensioni di X sono indifferenti al cambiamento delle unità di misura, la grandezza X è anch'essa indifferente al cambiamento dell'unità di misura, nel senso che la grandezza X (non il suo valore) non dipende dall'unità.

35 *A Treatise...*, § 768.

36 *Ibid.*, § 768.

37 *Ibid.*, § 769.

38 Per la teoria weberiana, vedi, fra l'altro: S. D'AGOSTINO, *La scoperta...*, cit.

39 *A Treatise..*, cit., § 770.

40 *Ibid.*, § 786.

41 L'attribuzione di maggior carattere osservativo alla teoria di Maxwell, nei riguardi della teoria elastica dell'ottica, è fatta, fra gli altri, da OLIVER HEAVISIDE, *Electromagnetic Theory*, 2 Vols., London, 1893, Vol. 1, p. 327.

42 L. SOMMERFELD, *op. cit.*

Experiment and Theory in Maxwell's Work

The measurements for absolute electromagnetic units and the velocity of light

SALVO D'AGOSTINO
Università di Roma

THE EXPERIMENTS FOR THE ABSOLUTE MEASUREMENTS OF RESISTANCE OF 1862-65 AND THE DEFINITION OF THE TWO 'ABSOLUTE' SYSTEMS OF ELECTRICAL AND MAGNETIC UNITS - I

Even the most recent historical analyses of James Clerk Maxwell's (1831-1874) work have underestimated or ignored the influence of German electrodynamics and particularly the work of Wilhelm Weber (1804-1891) on the development of Maxwell's theories. Rather, the differences tend to be emphasised especially in the conflict between the fundamental ideas on action over a distance expressed by German electrodynamics and the concepts of Maxwell and English science. Undoubtedly, this theoretical conflict is apparent from reading historical documents but one can also find significant elements of continuity, or in other words reverberation of a theme common to both the Continental and English schools. This is, in short, the great theme of absolute electrodynamic systems that pervades all nineteenth century research from Gauss to Kelvin.

Maxwell was fully exposed to this theme while he was participating in work of fixing a standard of electrical resistance under the auspices of the 'British Association for the Advancement of Science'.

A few words on the history and the institutional purposes of the 'Association' will serve to indicate its lines of activity[1].

Founded in 1831 « to give greater drive and more systematic direction to scientific research, to promote exchanges between cultivators of science in the British Empire with foreign scientists, to obtain a greater adhesion to the goals of science and the removal of obstacles of a social character that might impede progress », every year the Association had to meet by statute for a week long session, establishing a General Committee to coordinate the work to be carried out under the separate committees organized under each discipline. An indication of the importance of the Association is shown by the fact that in 1859 the General Committee was presided over by the Prince Consort.

In 1862, the 'Committee on Electrical Measurements' was elected[2], and was charged with determining the best system for electrical measurements; among its members were C. Wheatstone, W. Thomson, Fleeming Jenkin, J. C. Maxwell, C. W. Siemens, Balfour Stewart and Joule[3].

Maxwell's and Kelvin's participation had a decisive effect on orientation of the Committee's work. In the Preface to the collection of Maxwell's scientific works[3] (written in 1890 by W. D. Niven, one of his students) we read:

« In 1862-63 [Maxwell] took a prominent part in the experiments organised by the Committee of the British Association for the determination of electrical resistance in absolute measure and for placing electrical measurements on a satisfactory basis. In the experiments which were conducted in the laboratory of King's College upon a plan due to Sir W. Thomson, two long series

of measurements were taken in successive years. In the first year, the working members [of the Committee] were Maxwell, Balfour Stewart and Fleeming Jenkin; in the second, Charles Hockin took the place of Balfour Stewart. The work of this Committee was communicated in the form of reports to the British Association and was afterwards republished in one volume by Fleeming Jenkin ».

It was a question of determining the measurement, in absolute units[4] of a sample resistance, and determining a method, for measuring in the same units, electrical magnitudes.

Niven's information is interesting because in the February and March 1862 issues of the *Philosophical Magazine*, Maxwell published the second part of his essay *On Physical Lines of Force*, which was decisive for his electromagnetic theory of light.

To my knowledge, this coincidence has not been pointed out in the historical literature on Maxwell. In my view, it is relevant in a reading of Maxwell's fundamental paper of 1862, the first paper in which Maxwell declared a theory of the electromagnetic field and an electromagnetic theory of light.

The report on the state of the work and the results of the experiments for the first year were published[5] in *The Report of the British Association for the Advancement of Science*, for 1863:

« The Committee on Electrical Measurements, appointed in 1862, *have not confined their attention to determining the best unit of electrical resistance*, the point to which the duties of the Committee of 1861 were nominally restricted, *but have viewed this comparatively limited question as one part only of the much larger subject of general electrical measurement.* The Committee, after mature consideration, are of opinion that the system of so-called absolute electrical units, based on purely mechanical measurements, is not only the best system yet proposed, but is the only one consistent with our present knowledge both of the relations existing between the various electrical phenomena and of the connexion between these and the fundamental measurements of time, space, and mass. The only hesitation felt by the Committee was caused by doubts as to the degree of accuracy with which this admirable system could be or had been reduced to practice » [italics added].

As we can see, the technological interest in establishing a standard of resistance was viewed against the background of the more general problem of determining an absolute system of units with clear reference to Weber's ideas (who is quoted various times in the *Report* as the inspirer of the plan for absolute electrodynamic systems). The transformation of a technological plan establishing a practical sample of resistance, into an operation of vast scientific import undoubtedly reveals the hand of Maxwell and of William Thomson; they are quoted among the authors of the *Report*, along with Wheatstone, Joule and others.

The introductory part of the *Report*, however, is not signed. Nevertheless one can deduce from the overall style and the characteristic pattern of argument that it is the work of Maxwell. On the other hand, Maxwell himself did compile a vast signed appendix for the *Report* of 1863, to which I will refer later.

The introductory part of the *Report* presents ideas concerning two absolute systems of measurement, the electrostatic and the electromagnetic systems. The stress on the existence of two systems of electrical units that are dimensionally « incompatible with each other » is quite new. It contrasts with the prevailing concept of Weber that all measurements of charge and current could be reduced to a « mechanical unit », i.e. the electrostatic one.

Maxwell proposes *two* systems, one electrostatic and one electromagnetic. This contribution to metrology was made possible by Helmholtz's and Thompson's formulation of the conservation of energy, and by Joule's (1841) expression of the energy of a current in the form of heat. Now a fourth law of electricity was available in addition to those

of Coulomb and Ohm, and the definition of current. This allowed the determination, in a simpler and unquivocal way, of units of measurement in the electrostatic system for charge, current, electromotive force and resistance. Joule's law allowed the independent determination of the socalled electrostatic system[6]; in analogous fashion, the law of magnetic and electrodynamic phenomena allowed the determination of all the units of the electromagnetic system. This important consequence of Joule's law in the metrological field is explicitly noted by the authors of the *Report*[7]. In any case, during the first year of work, the Committee did not find it necessary to present a representative sample of the electromagnetic unit of resistance both because of the difficulties encountered in the precision of the measurement — the unit determined by the Committee differed by eight percent with that determined by Weber and fixed by Jacobi in a sample of silver — and because of the difficulties concerning the stability of materials[8].

For the ideas in this article, it is interesting to observe that Maxwell attributes a *physical significance* to the result that, in the electromagnetic system, resistance has the same dimensions as velocity. Maxwell[9] observes: « One curious consequence of these considerations is, that the resistance of a conductor in absolute measure is really expressed by a velocity ... the resistance of a conductor *may be expressed* or defined as equal to the velocity with which it must move, if placed in the conditions described, in order to generate a current equal to the product of the length to the conductor into the intensity of the magnetic field; or more simply, *the resistance of a circuit is the velocity* with which a conductor of unit length must move across a magnetic field of unit intensity in order to generate a unit current in the circuit » [italics added].
Note the *crescendo* with which Maxwell moves to the concept of the physical significance of the dimension: if resistance has the dimensions of a velocity, then it *is* velocity. Here Maxwell begins his characteristic progression of attributing a physical significance to dimensions. This lies at the basis of the concept that the existence of two absolute systems also has a physical foundation, and is then extended into the other concept, taken over from Weber, of also attributing a physical significance to the ratio between units of the same magnitude in the two systems. Specifically this is the case for the ratio between units of charge, called the electromagnetic ratio, which is identified with a velocity. The major and surprising modification that Maxwell brings to Weber's theory of the electromagnetic ratio is the affirmation that this velocity is a velocity of propagation of a wave, not a critical velocity of the movement of charges, as Weber had stated[10].

This change required a reconstruction of meanings, a *unification* of aspects that had been maintained to be distinct in Weber's theory. Thus it seems appropriate to consider it as a unique operation characteristic of Maxwell.
To express all this, I felt is was necessary to point out Maxwell's operation using a term already applied by the German historian, Wiederkeher[11]: = *Verknüpfungrelationen* or relations of unification, of connection (in short, *Verknüpfung*).
The next pages are devoted to the conceptual processes that preceded and followed Maxwell's *Verknüpfung*, and to the experimental activity that may have provided the sources and suggestions for it. For the chronology of Maxwell's work and for the identification of these processes, it is important to stress that the introduction to the article in the *Report* closes, after the 1861 account, with a program for the following year, which includes, in addition to the continuation of work on resistance, the determination of the electromagnetic ratio[12]: « Experiments on the ratio between the electrostatic units and the electromagnetic units will be undertaken ».

Both the summary of the work for 1861

and the estimate of the work for the following year were important elements for obtaining further confirmation of the Committee, required annually by the statutes of the Association. These considerations may explain the zeal with which Maxwell and Fleeming Jenkin wrote the *Appendix C* to the *Report*, entitled[13] *On the Elementary Relations between Electrical Measurements*. An elementary exposition of the problem of the absolute systems in electrodynamics was useful in order to offset the possible hostility of those members of the Association who were more directly interested in questions regarding direct applications, especially after the Committee's failure in earlier years to determine and construct the sample of resistance in absolute units.

An analysis of *Appendix C* of the 1863 *Report*, signed by Maxwell, will serve to clarify some of the preceding points and to introduce new ones. Maxwell justifies the plan of measurements with the need to give an answer to the demand for practical knowledge of electrical measurements (the same kind of technological demands already presented by Weber): « The progress and extension of the electric telegraph has made a practical knowledge of electric and magnetic phenomena necessary to a large number of persons who are more or less occupied in the construction and working of the lines, and interesting to many others who are unwilling to be ignorant of the use of the network of wires which surrounds them ». As for the more precise definition of absolute units, Maxwell affirms that « the phenomena by which electricity is known to us are of a mechanical kind, and therefore they must be measured by mechanical units or standards »[14].

This declaration seems less stringent, in its phenomenological connotation, than the explicit Weberian demand for a mechanical foundation[15].

Maxwell states, « In speaking of a quantity of electricty, we need not conceive it as a separate thing, or entity distinct from ponderable matter, any more than in speaking of sound we conceive it as having a distinct existence. Still it is convenient to speak of the intensity or velocity of sound, to avoid tedious circumlocution; and quite similarly we may speak of electricity, without for a moment imagining that any real electric fluid exists »[16].

Here Maxwell is preparing for the spectacular reversal regarding the significance of Weber's factor. For the moment he was beginning to doubt the reality of electric charges as different entities from matter. Maxwell and the English school in general showed, in contrast with the German school, a predilection for a definition of units that today we could call of 'operational' character. This is the case, for example for resistance in absolute electromagnetic units, which, in the electromagnetic system, has dimensions of velocity[17]. On this topic, Maxwell quotes[18] the procedure for measuring a resistance in absolute units proposed by William Thomson. In this the resistance of a mobile conductor is measured by means of an experiment in electromagnetic induction, and by the velocity of flow of the conductor itself in a closed circuit of variable area that produces a given intensity of induced current in the circuit.

The purpose of this, as well as of other operational definitions of magnitude presented in the paper by Maxwell, is, in this case, that of attributing a physical significance to the dimension of a unit. This conception reached its apex in 1873 in the last part of the *Treatise*, with the formulation of a theory of the dimensions of absolute systems. One can say that already in 1862 Maxwell was moving from dimensional statements to statements of existence. One example of this is Weber's conversion ratio introduced as « Ratio between Electrostatic and Electromagnetic Measures of Quantity »[19]: « ... Hence since in passing from one system to the other we must employ the ratio q/a [the ration between the electrostatic and electromagnetic units of charge], this ratio *will be of the dimensions* L/T; that is to say the ratio *is* a velocity » [italics added]. Further on Maxwell attrib-

utes to Faraday « a first estimate of the relation between quantity of electricity measured statically and the quantity transferred by a current in a given time ». Furthermore he presents confirmation, identical to that in the paper *On Physical Lines of Force*, that Weber's factor v does not differ « from the estimated velocity of light more than the different determinations of the latter quantity differ from each other ». He ends with the declaration that » v must always be a constant, real velocity in nature, and should be measured in terms of the system of fundamental units adopted in electrical measurements ».
The statement that a determination of v will be part of the work of the Committee for 1863-64, ends the passage. It is interesting to note that there is no explicit mention of an electromagnetic theory of light, which Maxwell was preparing in those same years. Only the fundamental quality of Weber's ratio and its physical reality as a velocity are stressed. While working for the Committee Maxwell was evidently developing his great theory.

THE MEASUREMENT OF THE ELECTROMAGNETIC RATIO AND THE 1868 PAPER - II

Because of the difficulties encountered, the measurement of the electromagnetic ratio had to be postponed until May 1868. These measurements are mentioned in the Association's *Report* of 1868: in it the experiments for measuring v according to Thomson's and Maxwell's methods are described. It is worth quoting the description of the apparatus for measurement used by Maxwell[20]: « The experiments consisted in observing the equilibrium between the electrostatic attraction of two disks, at a certain difference of potential, and the electromagnetic repulsion of two coils traversed by a certain current. For this purpose one of the disks, with one of the coils at its back, was attached to one arm of a torsion-balance, while the other with the other coil at its back was capable of being moved to various distances from the suspended disk by a micrometer screw. Another coil, traversed by the same current in the opposite direction, was attached to the other arm of the torsion-balance, so as to do away with the effect of terrestrial magnetism ».
Maxwell adds that the mobile disk in the zero position was in the same plane as that of a « guard-ring », « as in Sir W. Thomson's electrometers ». Thus Thomson's electrometer was not used but the invention of the guard-ring was put to use to assure the uniformity of the field.
The experiment was published in *Philosophical Transactions* under the title *On a Method of Making a Direct Comparison of Electrostatic with Electromagnetic Force; with a Note on the Electromagnetic Theory of Light* (1868). Historians have considered this paper of Maxwell's as minor compared with his two more extensive papers which present the theory of the electromagnetic field and the electromagnetic theory of light. However, in my opinion, in both the experiment and in the presentation of the theory, it represents an important development in Maxwell's thought from his electromagnetic papers *On the Lines of Physical Forces* (1862-63), *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* (1865) on one hand, and *A Treatise of Electricity and Magnetism* (1873) on the other. This development concerns the transition from the establishment of the electromagnetic theory of optics in which elasticity played a decisive role (1862-63) and a link between optics and electromagnetism founded on a more direct interpretation of the role of the Weber factor as the velocity of propagation of light waves (1873).

It is worth analyzing Maxwell's experiment in another context, as an example of an advanced experiment in electromagnetism during the mid-nineteenth century. It presented technical difficulties on a mechanical level. Alignments had to be measured to a thousandth of an inch, about a third of a millimeter, using mobile equipment of dimensions of the order of decimeters. And there were difficulties in ascertaining the

reliability of the electrical measurements because of problems of insulation, polarization of the batteries, interference of the terrestrial magnetic field, etc.

The operations for measuring v were in the form of determining the value of resistance, which is consistent with the fact that dimensions of resistance in the magnetic system were those of a velocity. Of foundamental interest for the determination of v, was the measurement of a large resistance of about a million Ohms, which had been previously calibrated in absolute electromagnetic units.

The experiment thus consisted of balancing electrostatic forces (produced by a difference of potential between ends of a resistance with a current a running throught it) with electromagnetic forces (produced by a current b); the Weber factor appeared in the equation as a conversion factor between the units in which the two forces were related by the equation of equilibrium[21]. The value found by Maxwell is:

$v = 28.798$ Ohms $= 288000000$ meters per second, a much lower result than that found by Weber and Kohlraush ($V = 310740000$ meters per second).

In the *Note*[22] Maxwell proposes a different method for reaching the *Verknüpfung*. His comment[23] is: « In a paper on the electromagnetic field some years ago [*A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* (1865)], I laid before the Royal Society the reasons which led me to believe that light is an electromagnetic phenomenon, the laws of which can be deduced from those of electricity and magnetism, on the theory that all these phenomena are affections of one and the same medium ... The statement of the electromagnetic theory of light in my former paper was connected with several others electromagnetic investigations, and was therefore not easily understood when taken by itself. I propose, therefore, to state it in what I think the simplest form, deducing it from admitted facts, and showing the connections between the experiments already described and those which determine the velocity of light ».

In the *Note*, this procedure, which according to Maxwell is simpler and adheres more closely to experimental evidence, si as follows: the equation of equilibrium, that served to determine v, the Weber factor, is now written in terms of electric and magnetic fields, bringing in the specific inductive capacity k (the inverse of our dielectric constant) and the magnetic permeability μ for the ether, as this is the medium through which forces are propagated. I will call this equation the 'theoretical' equation of equilibrium. Note that *conversion factors are not found* in it. It is valid apart from the system in which the dimensions are expressed. The 'theoretical' equation of equilibrium is then reconverted into terms of potentials and currents and compared with the analogous (experimental!) one *which contains the Weber factor*. The comparison allows the expression of the Weber factor v in terms of k and μ:

$$v^2 = \frac{\mu k}{4\pi}.$$

This section represents a fundamental point for the *Verknüpfung* in that the Weber factor is linked to dimensions characteristic of the theory of the electromagnetic field, apart from the elastic medium. It only remains for Maxwell to write a relation between electric and magnetic forces using the now accepted argument of the displacement current already introduced (1862-63), to transform everything in terms of the magnetic field and obtain the well known D'Alembert equation in which the velocity of propagation is V:

$$V^2 = \frac{k}{4\mu\pi}$$

One immediately finds that $v = \mu V$ and since in the magnetic system $\mu = 1$, then

$$v = V$$

The Weber factor was correlated to the velocity of propagation of light. *Verknüpfung* is achieved. The weight of the evidence is entrusted, as we can see, to the demonstration that the Weber factor, as a coefficient of conversion between two

measurements of electric and magnetic forces expressed in the two absolute systems is also linked to the velocity of propagation of the magnetic field through the ether. The magnetic field is in turn correlated with the magnetic force. On the other hand in the measurement procedure described in the experimental part of the note, there is an implicit assumption that every step of measurement of the electromagnetic ratio is reduced to a comparison between electric and magnetic forces, expressed as a function of the respective fields. The equivalence between the electromagnetic ratio and the velocity of propagation is therefore the result of a conceptual shift in the choice of the significant entities in the theory, a shift that consists in the passage from forces to fields: *Verknüpfung* can only be achieved on condition of not remaining on the more 'phenomenological' plane of forces (according to Weber's approach) but on condition of stepping back on to a more 'abstract' plane, that of fields[24]. One can only explain the increased tangibility and greater simplicity of the demonstration through an understanding that the numerous hypotheses of the mechano-elastic sort, used previously, are no longer necessary. Maxwell supports these qualities in the passage quoted.

The keystone of the demonstration lies in the writing of a 'theoretical' equation of equilibrium that contains no conversion factor between electric and magnetic dimension, an expression that is valid *independently* from *all* measuring system[25]. But this could constitute a weak point by comparison with the considerations of 1862-63 on the importance for electromagnetism of the absolute measurement systems, on their *naturalness* and even more on the fundamental quality of the results obtained through the use of absolute systems.

THE PROBLEM OF 'VERKNÜPFUNG' IN THE 'TREATISE ON ELECTRICITY AND MAGNETISM' - III

We have seen that in the 1868 paper the Maxwellian *Verknüpfung* was proceeding in two main stages:

1) A determination of the velocity of propagation as a function of the constants of the ether.

2) A determination of the Weber factor as a function of the same constants through the 'theoretical' equation of equilibrium between electric and magnetic fields.

3) A comparison between the two preceding determinations.

In his great work of 1873, *A Treatise on Electricity and Magnetism*[26], Maxwell maintains the first stage, radically modifies the second and eliminates the third. This is done through a general theory of absolute systems of measurement and a general theory of the dimension of physical magnitudes. The topic is handled in Part IV of the *Treatise* under the title *Electromagnetism*, and particularly in Chapter X « Dimensions of Electrical Units »[27]. After having defined the two absolute systems, the « Electrostatic System » and the « Electromagnetic System », and after having observed that the second system is not consistent with the first (that is the same units have different dimensions in the two systems), Maxwell proposes to « begin by stating those relations between the different units which are common to both systems, and we shall then form a table of the dimensions of the units according to each system »[28].

It is mainly a question of the properties of some products of units that have the same dimensions in the two systems. For example the following products have the dimensions of energy, independently of the particular given absolute system:

quantity of electricity × electrical potential
quantity of free magnetism × magnetic potential
electrokinetic moment × electric current[29].

Thus Maxwell shows that to determine the dimensions of electric and magnetic units in mechanical terms of length, mass and time, one only need establish the dimensions of the quantity of electricity (electric charge in modern terminology) and of the quantity of free magnetism or polar force (magnetic mass) in terms of the above dimensions.

He concludes stating that all the relations written above are true no matter what system of units is used.
It is my opinion, based on the pages quoted, that Maxwell, showing that dimensional properties independent of units exist, wanted to emphasize the stability of certain dimensional properties (an important theoretical property of the concept of dimension) in view of some further developments. On the other hand, the definition of units of measurement is subject to an arbitrary choice, subject to conventional principles, and properties based on such a choice will not withstand fundamental theoretical analysis.

The next paragraph states that, « The only systems of any scientific value are the electrostatic and the electromagnetic system »[30]. A comment on this interesting postulate by Maxwell is in order here. It represents a typical position of the author which can be distinguished from Weber's position on the same problem. In his work, Weber placed the three systems of measurement, magnetic, electrodynamic and electrolytic, on the same plane and determined three different conversion factors for the electrostatic system. Maxwell preferred the magnetic (or electromagnetic) system. Thus, in the subsequent pages, Maxwell presents a list of the dimensions of electrical and magnetic measurements with respect to the two already defined systems. Then he adds a table of the dimensions of some special units. In the case of the dielectric constant K and the magnetic inductive capacitance μ we find[31] that the dimensions of K are nil in the electrostatic system and the inverse square of a velocity in the electromagnetic system: the reciprocal property is valid for μ.
These dimensional properties are independent of the choice of units. These properties are used at the end of the *Treatise* for the new formulation of the *Verknüpfung*. The next statement however[32] is valid for the choice of mechanical units that are equal in the two systems:

« If the units of length, mass, and time are the same in the two systems, the number of electrostatic units of electricity contained in one electromagnetic unit is numerically equal to a certain velocity, the absolute value of which does not depend on the magnitude of the fundamental units employed. This velocity is *an important physical quantity*, which we shall denote by the symbol v » [italics added].
This passage is significant in that here Maxwell prepares for the 'transition' from dimensional properties to physical properties anticipated in 1862 and which we now see characterizes the heart of the *Verknüpfung* operation in the *Treatise*. The transition can be viewed as follows: if a measurement X has the dimensions of a velocity, it *is*, (i.e.,it physically represents) a velocity. It is known that this position is no longer tenable today, and the credit for having clarified this aspect goes mainly to the German school of the first decades of this century, particularly to A. Sommerfeld[33].

In defense of the 'transition', Maxwell's position is taken up, developed and illustrated from different points of view, none of which in itself seems entirely satisfactory. In one line of argument, dimensional properties are used to proceed to physical ones. In support of this line, Maxwell's argument uses dimensional properties (illustrated above), independent of particular units, as a parallel to the property of a physical magnitude, independent of the units of measurement[34] (see passage quoted above) — in the sense that the magnitude obviously does not change with the change of units, while its measure changes according to the well known law.
This thesis is supported and illustrated in the following passage[35]:
« The absolute magnitudes of the electrical units in both systems depend on the units of length, time, and mass which we adopt, and the mode in which they depend on these units is different in the two systems, so that the ratio of the electrical units will be expressed by a different number, ac-

cording to the different units of length and time. It appears from the table of dimensions, Art. 628, that the number of electrostatic units of electricity in one electromagnetic unit varies inversely as the magnitude of the unit of length, and directly as the magnitude of the unit of time which we adopt. If, therefore, we determine a velocity which is represented numerically by this number, then, even if we adopt new units of length and of time, the number representing this velocity will still be the number of electrostatic units of electricity in one electromagnetic unit, according to the new system of measurement ».

In this passage one might find a contradiction with the preceding one that states that the « absolute value » of this « certain velocity » « does not depend on the magnitude of the fundamental units employed », while the latter passage states that the « number representing this velocity » will change with the change of units. The contradiction is apparent and is resolved by attributing to « absolute value » the meaning of *magnitude*, that does not vary with respect to the units of measurement, while the measure varies with the units.

The many paths followed by Maxwell in his confirmation of the validity of a « transition » from dimensional properties to physical properties, are, in my opinion, an indication of hidden difficulties, almost of an intrinsic contradiction in his procedure. The contradiction lies in the fact that the validity of the transition was placed in doubt by the very fundamental property of Maxwellian systems of measurement: that the *same* physical (electrical or magnetic) magnitude had, in the two systems, *different* dimensions. Thus the correlation between dimensional properties and physical properties was not bidirectional, at least for all physical magnitudes. In this aspect, what gains importance in Maxwell's theory is the property of a special magnitude obtained by the preceding K and μ, to be precise, $1/\sqrt{K\mu}$, whose dimensions based on the dimensional properties of K and μ already indicated, are, *in both systems*, always those of a velocity. The transition in this case does not encounter, at least for this magnitude, the problem of not being bidirectional. Maxwell comments: « This velocity, therefore, which indicates the relation between electrostatic and electromagnetic phenomena, is a natural quantity of definite magnitude, and the measurement of this quantity is one of the most important researches in electricity »[36].

Evidently the proposition of transition did not satisfy him entirely if he states, immediately after the passage quoted, that he is turning to other arguments to show that the quantity sought is physically a velocity. He has to refer to the Weberian argument even at the cost — and it is not out of place to refer to the great pressure of Maxwell's constructive efforts — of being forced to demonstrate that this physical velocity is a *velocity of the movement of bodies* (a convective velocity, different from the wave velocity that he later uses for the *Verknüpfung*). The reasoning «to show that the quantity we are in search of is really a velocity » and to « obtain a physical conception of this velocity », goes as follows:

— where n is the Weber factor, one demonstrates that it represents the velocity with which two small conductors should move apart so that irrespective of how they were charged by the current going through them in a time t, their electrostatic action can be balanced by the magnetic action[37], This is a consideration taken up in part by Weber[38], with the difference that here we are discussing macroscopic bodies charged with electricity. In other words, for two bodies whose charges increase linearly in time, and which are therefore a source of current, the predominant electrostatic attractions can be balanced by magnetic repulsion only at the cost of progressive separation of the two bodies at the velocity of light!

The second argument of Maxwell states that:

— if two insulated charged bodies move with the relative velocity v, their electrostatic action is balanced by magnetic action.

Maxwell observes that v has such a high value that an experiment of the equilibrium is impossible to carry out. He proposes to make a charged body of appropriate density move, and find the magnetic effects in order to at least « verify our assumption than an electrified body in motion is equivalent to an electric current »[39]. The experiment was carried out by Rowland in Berlin in 1876.

At this point everything is ready for the elimination of the second stage (1868). The preceding arguments have served to make the idea plausible that the ratio between the two conventional units of measurement can represent a physical magnitude, a very large but finite velocity of convection.
There remains the more difficult task of demonstrating that it is *also* a velocity of propagation of fields. But this is resolved now after the introduction of the instruments of dimensional calculus in a purely formal passage[40]. If, in the first stage, one can prove that the velocity of propagation of the fields is linked to the constants of the ether by the relation:

$$V = 1/\sqrt{K\mu}$$

then for dimensional considerations, where v is the Weber relation, in the electrostatic system: $K = 1$, $\mu = 1/v^2$, in the electromagnetic system $K = 1/v^2$, $\mu = 1$ with the result that in a vacuum

$$V = v \text{ always.}$$

CONCLUSION - IV

In point of fact, the advantage of the kind of *Verknüpfung* achieved in the *Treatise* is that with respect to the 1868 solution, it eliminated the need for intermediate steps that were too restricted to a particular experiment to be able to identify the Weber factor in the expression $1/\sqrt{K\mu}$.
This identification was left to 'dimensional' considerations to which Maxwell seems to attribute the role of structural characteristics of the theory as they also have a physical significance. Through this reasoning, the formal apparatus of the *Verknüpfung* is simplified, also with regard to his 1868 edition. The courage and risks that are the necessary requisites and that represent the cost of the Maxwellian formulation (1868), as well as of any new scientific theory, are now hidden by Maxwell in the *Treatise* behind the apparent simplicity of formal deduction. Archimedes had done the same when he did not publish his first method for determining his calculation of areas. On the other hand, the Maxwellian process of reasoning in the *Treatise* represents — without there being any contradiction in this — the greatest success regarding the formulation of an electromagnetic theory of light. It represents the complete disentanglement from 'hypotheses' of the theory of elasticity[41], and from statements of an empirical nature. Nevertheless, as I have indicated, this conceptual achievement was successfully nurtured by the acceptance of the validity of the transition from dimensional properties to physical properties. This conceptual operation represents a true ontology, on Maxwell's part, of the concept of dimension, a position that is later avoided by H. Hertz and harshly criticized by A. Sommerfeld[42].

In my research I have examined Maxwell's original writings on the theories of the identification of the Weber factor with the velocity of light — the '*Verknüpfungrelationen*' — the main indication for Maxwell of the electromagnetic nature of light waves. I find a correlation between Maxwell's experimental activity with the Committee for the determination of electrical standards, and the successive stages in the formulation of the theory. It seems that the Maxwellian *Verknüpfung*, from 1862 to 1873, is achieved by successive attempts in different directions. Maxwell often works so as to minimize the difficulties of the theory, relegating them to less evident parts of the theory itself. Finally, the ultimate simplification is obtained at the cost of the ontology of the concept of dimension.
In my opinion, these characteristics of

Maxwell's thought, when faced with these problems, are explained if one looks at Maxwell's enterprise as consisting of various attempts and correlated rules towards a goal. It was a 'strategy' inspired by flexible criteria and with a certain degree of variability. It is in this conception of a scientific *strategy* as an attitude of a scientist faced with real and difficult problems that the theme of 'external' influences acquires special importance. In this case it is Maxwell's work with the Committee: it gave opportunities and provided starting points and instruments for use in the general strategic plan.

S. D'A.

Translation: F. SEGRÈ WALSBY - GWYNEDD (WALES)

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 See: *The Report of the British Association for the Advancement of Science*, 1869. The *Report* were the official publication that reported the various activities of the Association in all fields of science.

2 *Report of the Committee appointed by the British Association in Standards of Electrical Resistence*, in *The Report of the British Association* ..., 1863, p. 111.

3 *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell, edited by W. D. Niven, M. A., F. R. S. Director of studies at the Royal Naval College, Greenwich; formerly Fellow of Trinity College*. Reprint, Dover, N. Y., 1955. Preface, XVI.

4 C. F. GAUSS and W. WEBER had called « absolute units » those electrical and magnetic units determined on the basis of mechanical units of mass, distance and time. In 1846 Weber had begun important research that also had methodological aspects. See, among other works, S. D'AGOSTINO: *La scoperta di una velocità quasi uguale alla velocità della luce nell'elettrodinamica di W. Weber*, in *Physis*, 3-4, XVIII (1976), pp. 297-318.

5 *Report of the Committee* ..., cit., p. 111.

6 In Maxwell's classification, Joule's law is the third relation of the four needed to establish the electrostatic system in an autonomous way (*Report*, cit, p. 114).

7 *Report of the Committee* ..., cit, pp. 114-115.

8 *Ibid.*, pp. 121-122.

9 *Ibid.*, p. 118.

10 S. D'AGOSTINO, *La scoperta* ..., cit.

11 K. H. WIEDERKEHER, *W. E. Weber, Erfoscher der Wellenbewegung und der Elektricitat*, Stuttgard, 1967. « Through the '*Verknüpfungrelationen*' Maxwell and Jenkin interpreted Weber's and Kohlraush constant as the velocity of light ... » (p. 141).

12 *Report of the Committee* ..., cit., p. 124.

13 Appendix C, *On the Elementary Relations between Electrical Measurements*, by professor J. CLERK MAXWELL and Mr. FLEEMING JENKIN in *The Report of the British Association*, 1863, p. 180.

14 *Ibid*, p. 131.

15 S. D'AGOSTINO, *La scoperta* ..., cit.

16 Appendix C, cit., p. 136.

17 An 'absolute velocity' i.e. a velocity « as expressed by Weber ... that is entirely independent from the magnitude of the fundamental units in which it is expressed ». Note that the word 'absolute', in referring to velocity, is used in a different way from its use with reference to systems. Here absolute velocity means existing objectively and therefore independently from the formality of the laws of the choice of units of measure (as opposed to constants of proportionality). But a convergence of the two meanings justifies the use of the same term. Just as an absolute system is objective in the sense that the constants are *fundamental constants*, and not constants of proportionality, so, according to Maxwell, the fact that in the absolute electromagnetic system the resistance is measured by a velocity, carries an objective meaning for this velocity.

18 *Ibid*, p. 146.

19 *Ibid*, p. 149.

20 *Report of the Committee on the Standard of Electrical Resistance*, in *The Report of the British Association* (1869), p. 436.

21 *Ibid.*, p. 438.

22 *On a Method of Making a Direct Comparison of Electrostatic with Electromagnetic Force; with a Note on the Electromagnetic Theory of Light* (*Philosophical Transactions*, Vol. CLVIII), *The Scientific Papers*, cit. pp. 125-143.

23 *On a Method*, cit., pp. 137, 138.

24 The concept of stepping back to a plane of greater theoretical complexity, in this example, is more evident if one notes that in Maxwell there is a further distinction between *ponderomotive* and *electromotive* forces. For example, where X is the ponderomotive force between the plates of a condensor of radius a, where P is the electrostatic force, f the electric displacement, k the specific inductive capacitance, $P = kf$, we have:

$$X = \tfrac{1}{2}\pi a^2 \tfrac{1}{2} Pf$$

(see, for example: *On a Method* ..., cit., p. 142).

25 The demonstration carried out by Maxwell (*A Direct Comparison* ..., cit., p. 143) that I have quoted above, is shown here for the reader's convenience: The magnetic force Y between two circular coils in a plane of radius a' at a distance b' through which passes a current y, in the case where $b' \ll a'$, is given by

$$Y = 2\,\mu\,\frac{2\,\pi a'}{b'}\,y^2$$

The electric force X between two plates of a condensor of radius a, at a distance b, in a medium of specific inductivity k with a difference of potential E:

$$X = \tfrac{1}{2}\,\frac{\pi}{k}\,\frac{a^2}{b^2}\,E^2.$$

The two equations were derived from a theory of the 'electromagnetic field'. Assuming $X = Y$ we have the *'theoretical' equation*:

$$2\,\mu\,2\,\pi\,\frac{a'}{b'}\,y^2 = \tfrac{1}{2}\,\frac{\pi}{k}\,\frac{a^2}{b^2}\,E^2.$$

The equilibrium equation is then written, phenomenologically, with the conversion factor v:

$$2\,\pi\,2\,\frac{a'}{b'}\,y^2 = \frac{E^2}{8\,v^2}\,\frac{a^2}{b^2}$$

From a comparison between the two, one finds:

$$v^2 = \frac{\mu k}{4\,\pi}.$$

26 J. C. MAXWELL, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd Edition, 1891, Dover, 1954 (reprint of the original edition in 2 Vols.).

27 J. C. MAXWELL, *A Treatise* ..., cit., § 620-628. The concept of dimension of magnitudes was treated at the beginning of the *Treatise* in the « Preliminary ».

28 *A Treatise* ..., cit., § 620.

29 Where A indicates vector potential, the electrokinetic moment is: $\int A \times dl$.

30 *A Treatise* ..., § 625.

31 *Ibid.*, § 627.

32 *Ibid.*, § 628.

33 L. SOMMERFELD, *Physikalische Zeitschrift*, 36 (1935) pp. 814, 820.

34 In other words: since the dimensions of X are not affected by the change in units of measure, the magnitude X is also not affected by the change of units of measure, in the sense that the magnitude X (not its value) does not depend on the unit.

35 *A Treatise* ..., § 768.

36 *Ibid.* § 768.

37 *Ibid.*, § 769.

38 For the Weberian theory, see, among other works, S. D'AGOSTINO, *La scoperta* ..., cit.

39. *A Treatise* ..., cit., § 770.

40 *Ibid.*, § 786.

41 For Heaviside's comment of this Maxwell's achievement, with regard to the elastic theory of optics, see: OLIVER HEAVISIDE, *Electromagnetic Theory*, 2 Vols., London, 1893, Vol. 1, p. 327.

42 L. SOMMERFELD, *op. cit.*

Dreaming as Language and Cognition

DAVID FOULKES
Emory University and Georgia Mental Health Institute
Atlanta (Georgia, U.S.A.)

Despite continuing advances in our understanding of the workings of the human mind, we remain puzzled by dreams. Although over a century old, the following statement still nicely catches our sense of awe and bewilderment at the operations of our sleeping mind:

« Sometimes one dreams strange dreams, impossible and unnatural, and upon waking you remember them clearly and are amazed by a very strange thing. You remember before anything else that your reason did not desert you throughout the whole dream; in fact you remember that you acted with extreme cunning and logic throughout; the long, long time you were surrounded by murderers trying to outwit you, disguising their intentions, behaving amicably while holding their weapons in readiness, and only awaiting some sort of signal; you remember how cleverly you fooled them at last, hiding from them; then you realize that they had seen through all your deceptions and were only pretending not to know where you were hidden; but you were clever and fooled them again. You remember all this clearly. But how in the same space of time can your reason be reconciled with the manifest absurdities and impossibilities with which your dream was filled? One of your murderers changed into a woman before your eyes, and from a woman into a clever, loathsome little dwarf — and you accepted all this instantly as absolute fact with hardly any surprise at all, and precisely at a time when otherwise your reason was at its highest pitch and showed extraordinary power, cunning, clarity, and logic » (*Dostoyevsky, 1869*, p. 471).

How can we explain this juxtaposition of our gullibility in the face of absurdity with our brilliant ingenuity in the manipulation of intricate dream scenarios? What sort of mind do we possess (or possesses us) in sleep to make such puzzling experience so routinely possible?

I will comment here on four approaches which have been, or might be, taken to aid our understanding of dream phenomena. The first and last to be discussed are traditional — the attempt to reduce dreams to biophysical mechanisms and the attempt to interpret them as indices of instinctual conflict. These approaches, I will argue, have not proven to be terribly useful and are, ultimately, misguided. Two other approaches which I examine are relatively more novel, building in fact, on very recent

developments in cognate fields of scientific study: these are the attempts to understand dreaming as, respectively, an organized linguistic system and a set of operations within a human information-processing system. I shall attempt to justify the position that these latter approaches offer both the most reasonable and the most appropriate strategies currently at our disposal for addressing the puzzles raised by dream experience.

I DREAMING AS PHYSIOLOGY

The discovery of REM sleep (*Aserinsky* and *Kleitman, 1953*) renewed impetus for attempts to 'explain' dreams and dreaming by recourse to physiological mechanisms or systems. The most recent and widely publicized of these attempts is that of *Hobson* and *McCarley* (*1977*), who seek to account for dreaming in terms of a hypothetical brain-stem generator. To Hobson and McCarley, dream experience itself is « the forebrain ... making the best of a bad job in producing even partially coherent dream imagery from the relatively noisy signals sent up to it from the brainstem » (p. 1347). These authors also attempt (*McCarley* and *Hobson, 1977*) to demonstrate that their model of dream formation is consistent with Freud's original intent (*Freud, 1895*) in formulating his psychoanalytic model of dream processes (*Freud, 1900*), but that it is superior to Freud's model in its implementation of a viable form of mind-body isomorphism. I, however, believe that their model shares serious and inherent limitations of other models of its genre. Specifically: 1) it is inappropriately conceived for explaining the puzzles of dream phenomena and 2) it bends the phenomena to be explained to its explanatory premises rather than its explanatory premises to the phenomena to be explained.

I believe the Hobson-McCarley model to be inappropriate because I can conceive of no meaningful sense in which electrical activity in the brainstem (or neurohumoral secretions there, or any bio-physical mechanism anywhere in the central nervous system) can 'explain' the puzzling features of dream experience. These features, as Dostoyevsky states them, for example, are mental facts. Their ultimate explanation must be at precisely this same level.

I would not deny that physiological observations may play a useful role in framing such explanations. But it is important, I think, to understand precisely what that role can, at best, be. It is well-known that we have not resolved the 'mind-body' problem. We do not know if brain events issue in experience, or if experience causes brain events. As workaday scientists, the only position we reasonably can take regarding the relation of mental and physical facts is that of a 'methodological' form of psychophysical parallelism. We assume parallel organizations ('isomorphism') of psychological and physiological events. Thus, we imagine that the peculiar properties of dreaming thought are reflected in 'peculiar' — in respect to waking organization — brain processes. I believe that indepen-

dent specifications of these brain patterns in sleep could, therefore, direct our attention to parallel forms of psychological organization in dreams to which psychological examination alone had not made us sufficiently sensitive. Yet these physiological processes, as such, in no way could explain the facts of dream experience. To indicate a substantial, material base for an organized psychological process is not the same as bringing that process within the framework of scientific understanding. As methodological parallelists, we already expected the psychological facts in question to have an isomorphic physical base. That was not the problem — or puzzle — facing us. The problem was to organize the psychological facts and to incorporate them within a larger mentalistic frame of reference. An analogy may prove useful here. Suppose one wonders at the creative capacity of human language. Language is an organized system at the level of psychological observation. No account, no matter how extensive, of central and peripheral mechanisms of linguistic generation and comprehension can 'explain' that system. Such an account might help us to organize facts at the psychological level, but that constitutes the limit of its explanatory value. Our wonderment at the generativity, power, and range of our use of linguistic symbols must be addressed precisely at the mentalistic or symbolic level where it arises. We need to describe the psychological data in a coherent way, and to relate them to our understanding of other systems of mind functioning. It is no great discovery that parallel physical processes accompany symbolic behavior; we already assumed that to be the case.

In their attempt to justify their own species of physical reductionism, *McCarley* and *Hobson* (*1977*) attempt to align their model with that of *Freud* (*1900*). Freud, they insist, also saw that the ultimate explanation of dreams must be in terms of physical systems. While arguments about a dead author's intents are bound to prove fruitless, it seems to me reasonably clear that, by 1900, Freud embraced a symbolic, rather than a physical, model of dream explanation. The first two sentences of *The Interpretation of Dreams* announce the plan of the entire work:

« In the pages that follow I shall bring forward proof that there is a *psychological* technique which makes it possible to interpret dreams, and that, if that procedure is employed, every dream reveals itself as a *psychical* structure which has a *meaning* and which can be inserted at an assignable point in the *mental activities* of waking life. I shall further endeavour to elucidate the processes to which the strangeness and obscurity of dreams are due and to deduce from those processes the nature of the *psychical forces* by whose concurrent or mutually opposing action dreams are generated » (*1900*, p. 1, italics added).

Freud's 'psychological technique' is, of course, free association, and he demonstrates in later sections of his book that it can be used to isolate the mental contents in terms of which the dream makes sense and from which the dream might be imagined to have originated (chapter V) and the symbolic transformational operations (chapter VI) to which we must

imagine that these contents were subjected on their passage from deep semantic structure to surface realization. As is also true of waking cognition, we cannot directly (i.e., introspectively) observe these operations of the sleeping mind; we must model them from behavioral data: « Because these are the outputs, and these the inputs, the generation process must have been thus and so ». Freud's model is thus, *a cognitive model of dream formation rooted in the psychological observables generated by his particular 'psychological technique'*. Although Freud's own use of this model may have been unreliable, there is, in principle, no reason why it need be so; one merely needs to write rules to guide the analysis and organization of the verbal material of dream and free-association protocols (*Foulkes, 1978*).

Freud's chapter VII indicates that he was, as *McCarley* and *Hobson* (*1977*) aver, also interested in aligning his cognitive dream model with a particular model of neural function. In this respect he was not, by most contemporary standards, conspicuously successful. The important point, however, is that the model (*Freud, 1900*, ch. VI) which addresses itself most directly to our puzzlement about dreams rests upon a well-specified psychological technique (rather than any neurobiological model of brain action), is purely cognitive in its formal properties, and can rest entirely independently of any specification of neural systems. *McCarley* and *Hobson's* claim (*1977*, p. 1219) that Freud's hypotheses about dreaming were « quite simply derived from the physiological constructs of the *Project* [*Freud, 1895*] » ignores the extent to which they also depend on symbolic data and method. The tragedy of chapter VII, amply confirmed in McCarley and Hobson's interpretation, is that Freud's biologizing in that chapter obscured the fact that he already had fully justified the promise of his opening statement to *The Interpretation of Dreams*, namely, that he had a *psychological technique* which both could reliably interpret *dream meanings* and could model the *symbolic processes* by which dreams are created.

While neural models of dreaming can, in principle, assist us in our organization of the experiential data of dream psychology, they seldom have done so. Most often such models attempt to subsume what 'we already know' to be true of dreaming, even where, sometimes, this 'knowledge' is erroneous. They seldom are sensitive to the experiential complexities of dreams or are well informed by the psychological literature documenting these complexities. It is as if only models of nervous system functioning, rather than observations of mental experience itself, can tell us what the mind can do in sleep. Because of this reductionist slant, and because neural models of symbolic experience are as yet quite crude caricatures of that experience, specifications of physical correlates of dreaming have not, in practice, been of much value in understanding dream experience. Quite predictably, in fact, the effects of infusions of 'dream physiology' into dream psychology most often have been regressive. The discovery of rapid eye movements (REMs), for instance, has managed to obscure the fact that dreaming must be understood as a cognitive, rather than as a perceptual, process. *Hobson* and *McCarley's* (*1977*) own interpretation of the dream

as a valiant, rear-guard attempt of a presumably otherwise inert brain to make sense out of brain-stem electrical activity is refuted by several psychological observations: 1) dreams manifest strong thematic or narrative integration, and, in fact, evidence of how dreams handle 'exogenous' inputs suggests that it is the ongoing narrative which 'shapes' the extrinsic stimuli rather than vice-versa (*Foulkes, 1978*); 2) visual dream imagery persists through periods of REM (and NREM) sleep unaccompanied by pontine activation of the cortex (*Foulkes, 1962*; *Foulkes* and *Vogel, 1965*; *Molinari* and *Foulkes, 1969*); and 3) little reliable or substantial difference can be observed empirically between dream experience in on- and off-phases of such activation (e.g., *Foulkes* and *Pope, 1973*; *Foulkes, Scott* and *Pope*, in press). Likewise, Hobson and McCarley's use of mechanisms mediating the atonia of REM sleep to explain why we are « paralyzed during our dreams » ignores the fact that the atonia of REM sleep is a constant, while paralysis is extremely infrequently observed in REM dreams. Here, as is so often the case in physiological dream-modeling, the model distorts the facts of dream experience in the service of its own 'isomorphic' needs.

On the grounds of its appropriateness, then, I clearly favor a cognitive or symbolic model of dreaming, along the lines developed by *Freud* (*1900*). It may be objected that, since Freud, we really have made little progress using his own 'psychological technique'. That judgment, I think, is correct. But that is not because his technique has been tried and found wanting, but because it never has been cast in a sufficiently operational form to permit its systematic use. Elsewhere (*Foulkes, 1978*), I have tried to indicate that such operationalization is feasible, and that it now may be possible to exhaustively pursue the implications of Freud's cognitive model of dream processes. Our choice no longer need be between the refined methodological irrelevance of contemporary physiology and the early, unreliable relevance of Freud.

Moreover, the present situation is, from still another perspective, especially promising for renewed efforts to implement Freud's model of dreaming as a cognitive process. Since 1900, substantial 'lateral' support systems for dream psychology have been developing in cognate branches of the science of symbolic behavior. The knowledge generated by these disciplines, knowledge wholly unavailable to Freud and the other classical dream theorists, could prove quite useful to a revitalized cognitive formulation of dream psychology.

To mention only the most obvious of these sources (these, and others are considered at greater length in Section III of *Foulkes, 1978*), we now have: a systematic experimental approach to cognition (cognitive psychology; e.g., *Neisser, 1967, 1976*; *Norman, 1969, 1976*; *Posner, 1973*; *Klatzky, 1975*; *Baddeley, 1976*; *Crowder, 1976*), in addition to well-considered attempts to characterize the nature of long-term semantic storage (e.g., *Tulving, 1972*; *Anderson* and *Bower, 1973*; *Frederiksen, 1975*; *Anderson, 1976*); systematic models of the ontogenesis of cognitive structures and

operations (e.g., *Flavell, 1963*; *Piaget* and *Inhelder, 1966*; *Phillips, 1975*); complex models of linguistic competence (*Chomsky, 1957, 1965, 1972, 1975*); an experimental discipline, 'psycholinguistics', devoted to the study of the acquisition and use of waking-life's dominant symbolic system (e.g., *Slobin, 1971*; *Greene, 1972*; *Fodor, Bever,* and *Garrett, 1974*; *Clark* and *Clark, 1977*); and renewed interest in characterizing the nature and function of waking mental imagery (e.g., *Sheehan, 1972*; *Neisser* and *Kerr, 1973*; *Pylyshyn, 1973*; *Kosslyn* and *Pomerantz, 1977*). To the degree to which dreaming shares structures and operations with waking symbolic behavior, and the recent REM-generated evidence suggests that it is considerable[1], these sources clearly are relevant to any cognitive model of dream processes.

At minimum, a reasonable contemporary approach to dreaming should be consistent with the best insight of these other disciplines. Less conservatively, these sources might, in fact, dictate the form of such an approach more productively than has been true of the clinical sources historically responsible for guiding the course of experimental dream research. For, although lip service traditionally has been paid in dream theory to the notion that 'dreaming is thinking', especially since the advent of psychoanalytic ego psychology (*Hartmann, 1939*; see, especially for their implication for dreaming: *Erikson, 1954* and *Hall, 1953a, 1953b,* and *1953c*), little systematic use has been made by dream psychology of findings or concepts derived from the experimental research or the formal theories arising from careful study of the waking mind (cf. *Edelson, 1972*). Let us now briefly consider some general parallels between dreaming and waking symbolic behavior, and between Freud's cognitive model of dreaming and recently evolving models of the waking mind.

II DREAMING AS LANGUAGE

As already noted, one of the paradoxes of the phenomenology of dreams is the dream's juxtaposition of illogic and logic. Images appear which are quite bizarre when viewed from the perspective of waking life. And yet these images are knit together in scenarios whose dramatic organization seems to exceed what might be expected from the best-prepared and most diligent efforts of our waking mind. *Dostoyevsky* (*1866*) remarks, regarding certain 'morbid' dreams, that they « often have a singular actuality, vividness and extraordinary semblance of reality. At times monstrous images are created, but the setting and the whole picture are so truthlike and filled with details so delicate, so unexpected, but so artistically consistent, that the dreamer, were he an artist like Pushkin or Turgenev even, could never have invented them in the waking state » (p. 50).

The major investigative technique of Freudian dream psychology, free association, is a method for assigning meaning to semantically anom-

alous, isolated images. This technique is, however, in principle, incapable of resolving the other great puzzle of dreaming: the 'delicate' creativeness of its scenarios, as described by Dostoyevsky. Freud recognized, but did not solve, this problem by postulating a set of processes ('secondary revision') which lay outside his dream-work proper (i.e., could not be operationally defined from a reversed free-association matrix). Secondary revision « fills up the gaps in the dream-structure ... As a result of its efforts, the dream loses its appearance of absurdity and disconnectedness and approximates to the model of an intelligible experience » (*Freud, 1900*, p. 490). It is quite clear that the processes Freud called secondary revision cannot be unique to sleep, indeed that their major domain is wakefulness (*Bartlett, 1932*). Perhaps for this very reason, secondary revision has the status of an afterthought in his overall theory, and that theory does not begin to explain the syntactic and higher-order narrative structure of dreaming. Thus, the intricate dramatic organization of dreams has remained the sort of mystery it was for Dostoyevsky.

The serial organization of dream mentation does argue strongly against any 'explanation' of dreams as a random process. As Freud saw, we must imagine that dreams « are constructed by a highly complicated activity of the mind » (*1900*, p. 122). It seems fruitless to explain the dramatic narratives of sleep behavioristically. Precisely what surprises us about our dreams is that we almost invariably dream thoughts we never have thought before.

It is just here, I think, that one deep parallel may be drawn between dreaming and language. As Chomsky has been responsible for forcefully impressing upon us, language also demonstrates such novelty of expression, or as he puts it, generativity. We are forever saying things we never have said, nor heard, before. Language usage is not well-explained in terms of a history of reinforced practice of discrete verbal units; it is creative. The only reasonable explanation of this fact, Chomsky emphasizes, lies in conceptualizing language as a system. That is, we must imagine a finite set of underlying rules as the basis of our linguistic accomplishments. It is in the permutation and combination of these rules that the infinity of grammatical expression is to be explained. The explanatory unit of language psychology is not the specific bit of verbal behavior, discretely acquired and maintained, but, rather, it is a *rule-set* for organizing discrete bits of verbal behavior. This rule-set is the *grammar* of a language.

From this perspective, the infinite creativity of dream imagery also may be no more (nor less) miraculous than that of language. It clearly is impossible to understand, so long as we think of the dreamer as a bundle of separate verbal and visual habit tendencies manipulated by discrete sets of environmental reinforcement contingencies. But, if we attribute to the dreamer a set of formational and transformational rules, that is, a 'grammatical competence', then the 'utterances' of dreaming may become as comprehensible as those of speech.

There are a number of important implications of this convergence.

First, the primary task of dream psychology should be the specification of a dream 'grammar' (*Foulkes, 1978*). Both dream researchers and clinical dream interpreters generally have ignored the syntactic organization of dreams. Most objective systems of dream scoring, both rating-scales (e.g., *Hauri, Sawyer,* and *Rechtschaffen, 1967*) and content-analysis systems (e.g., *Hall* and *Van de Castle, 1966*), treat the dream text as an unrelated aggregate of semantic fragments, rather than as a narrative structure. And, most practicing dream-interpreters, whether they 'translate' on the basis of their own preconceived lexical entries, or on the basis of accessing the dreamer's lexical entries by free association, treat these entries as discrete semantic clues to the dreamer's personality or motive structure. That is, clinical dream interpretation also relies largely on discrete symbol translations, and tends to ignore the inner structure in which particular images lie and by which they are strung together as thematic units.

Second, a constrast must be drawn, in a dream grammar, between surface realizations, on the one hand, and underlying rules and structures to which these rules apply, on the other hand. Freud was, I think, the only classical dream theorist with a clear understanding of the grammatical explanatory requirements of dream psychology. In chapter V of *The Interpretation of Dreams* he attempted, in an admittedly forced manner, to specify the nature of deep structures active during sleep (the hypothesis being that such structures refer to wishes, generally infantile sexual wishes). In the more empirically-conceived and brilliant Chapter VI, he tried to specify the transformational rules ('dream-work' mechanisms) which operate on base structures so as to generate manifest dream realizations. In this context, the form of Freud's dream-explanation model is highly consistent both with those models evolving in contemporary sciences of waking cognition and with the grammatical explanatory requirements of his own sleeping domain. It is interesting to note that the theories of the most gifted scholars — Chomsky and Freud — ever to look at the two great creative accomplishments of the 'ordinary' human — language and dreaming — have converged upon two-stage explanatory models, with a set of base rules generating underlying structures and a set of transformational rules converting these deeper structures into surface realizations.

Third, the presumption is that the structural characteristics of imagery itself are of relatively superficial significance in dream generation, much as phonology is in sentence generation. The tendency to think of dreaming as a 'perceptual' problem has, of course, been greatly reinforced for contemporary dream researchers by the finding that vivid, visual dreams are indexed by REMs (*Aserinsky* and *Kleitman, 1953*) and that these REMs are preceded, at least in some species, by spike-like electrical discharges ascending the visual system from the pons to the lateral geniculate body to the occipital cortex (*Bizzi* and *Brooks, 1963*). In this context, it sometimes seems to have been imagined that we might look toward

sensory-system electrophysiology for the explanation of dream content. This perspective seems to me doubly wrong: it confuses physical and mental levels of explanation, and it focuses on surface realizations rather than on underlying structures. The discovery of central and peripheral correlates of articulation, for example, would not obviate a symbolic explanation of the system underlying linguistic expression; neither would the discovery of central and peripheral correlates of nocturnal imaging obviate a symbolic explanation of the deeper cognitive structure of dreaming. *Hobson* and *McCarley* (*1977*) seem to imagine that dream imagery can be explained in terms of 'oculomotor impulses'. But this is precisely like attempting to explain the human language system in terms of the physiology of articulatory mechanisms. At best, one is only describing the physical base of a medium through which a symbolic process achieves realization. The perceptual and other presentational aspects of dreams, as the phonetic aspects of speech, must be viewed as features of surface realization, rather than as ones of underlying organization.

Fourth, it also must be presumed that, in the dream case, as in the speech case, it will be possible to identify constituent elements which are subject to ruleful formation and transformation. The reasonably coherent narrative structure of dreams suggests the presence of recurrent constituent elements quite like those of explicitly verbal narratives. Dream images themselves also seem to be subject to immediate constituent analysis. I have proposed (*Foulkes, 1978*) that this intra-image structure is similar to that of the verbal sentence. The spoken sentence forces us to successive, verbal expression, while the image permits simultaneous, pictorial expression. But the structure may be formally equivalent in these two surface-disparate cases. In words, I may say I 'dislike' X; in dreams, I picture me assaulting him. In words I may say X 'is like' Y; in dreams I picture X together with Y. That is, one may separate out, as constituents in images, terms of relationship ('verbs' or 'verb phrases') and terms so related ('nouns' or 'noun phrases'). This certainly may be done for image-*reports*, which constitute the primary datum of dream psychology.

In this regard, it is interesting to note the relative facility with which we seem 'to put our dreams into words' (*Rechtschaffen, 1975a*). We have, I think, for too long focused on a very small minority of dream reports (possibly not even REM-dream reports; see below) where we experience difficulty in finding verbal equivalents for sensory images, and have ignored the overwhelming majority of such reports, where translations are effected with relative ease. In this respect, counter to those who urge that dreams are qualitatively unique 'altered states of consciousness', we have failed to appreciate just how 'linear' the narrative units and sequences of dreams really are. At any rate, it would seem more profitable at present to dwell on the many strong structural parallels between dreams and speech rather than to focus upon the few phenomenological features which dreams may share with those poorly understood and relatively exotic mental states most appropriately designated as 'altered

states of consciousness' (*Tart, 1969*; *1975*). Indeed, Freud's major contribution to dream psychology might be summarized as precisely this: he showed us, when surface peculiarities are ignored, just how ordinarily thought-like, or speech-like, dreams are in the deep structural analysis they require.

Fifth, if dreams and speech permit equivalent immediate constituent analyses, then the strong possibility would seem to exist that their deeper structures share these same constituents. Indeed, it would be unparsimonious to assume otherwise. In fact, there is some striking evidence for the identity of underlying structures in the two cases, evidence whose impact for dream modeling has as yet not been appreciated. It is a remarkable observation, made independently by several observers (*Anan'ev, 1960*, as cited by *Jakobson, 1973*; *Farrell, 1969*, p. 90; *Moss, 1972*) that recovered aphasics report that, while they were severely impaired linguistically, they experienced no dreams. The observation is most compelling in the case of C. Scott Moss, a dream psychologist who suffered a severe stroke. He reports that, for a four-month period following his stroke:

« I did not recall a single dream. This struck me as a curious state of affairs since for years I had been interested in the study and meaning of dreams; however, my stroke apparently impaired either the ability to have dreams or my capacity to remember them. I lay down each night for seven or eight hours of uninterrupted sleep. It was as if during the daytime I had no words to express what was happening and at night I had no dreams — it was a complete and total vacuum of self-speech ... » (p. 9).

The possibility of faulty dream recall seems less plausible than the one of faulty dreaming, for as Moss later reported:

« Even today I hold many waking memories from my period of hospitalization and the first few months when I had no words to describe these events even to myself, but at the same time do not remember having dreamed at all during these four months » (*ibid.*).

Moss's impression, conveyed to me in personal correspondence, was that: « Perceptual imagery in sleep was totally absent ». Obviously this is a finding which requires cross-validation with the REM-monitoring methodology, for spontaneous reports of 'nondreaming' need not agree with laboratory assessments of the incidence of reportable dream content (*Goodenough, Shapiro, Holden,* and *Steinschriber, 1959*). But the independent assertion of the same unique claim in the same circumstances clearly is suggestive of the proposition that the structures guiding inner (and external) speech are identical with those which guide dreaming.

Sixth, if there is, in fact, a dream 'grammar', it should be possible to delimit a set of 'grammatically acceptable' dreams. That is, the diversity of surface dream expression should be bounded by its conformity to a set of underlying rules. In fact, I think that such delimitation is possible, at least for the dreams of normal subjects during REM sleep. The nature of these boundaries may be indicated by reference to the dreams of schizophrenic subjects during REM sleep (*Dement, 1955*) and to the dreams of

normal subjects at sleep onset, where mental activity clearly is present, but REM sleep is not (*Vogel, Foulkes,* and *Trosman, 1966*). In both cases, dream researchers have noted the appearance of manifestations of what has come to be called a 'destructuralized ego' (*ibid.*). These surface manifestations include: *defects in narrative structure,* that is, there is no sensible relation between an image and the image which follows it — for example, I see myself in an airplane, and then there is an image of a man picking up a potted plant; or *defects in image formation,* that is, an image lacks a coherent propositional structure — nothing is related to anything else — for example, I have an image of an object, merely 'hanging in space'. Now, the instructive feature of these observations is that they are rarely, if ever, made during the REM sleep of normals, during, that is, the period when we dream our most characteristic dreams. The suggestion is that such manifestations of faulty inter- or intra-propositional logic are to be regarded as defective cases, that is, that they are, in some sense, ungrammatical, in like manner as speech may assume ungrammatical forms at times when we are tired, intoxicated, or inattentive.

III DREAMING AS COGNITION

Thus far, my focus has been on the implications of linguistic theory for a cognitive model of dreams built around Freud's model of dream explanation via the data of free association. There also are several major points at which recent research and theory in cognitive psychology can contribute to such a model.

Cognitive psychology is the systematic attempt to characterize the structures and processes by which humans process sensory input. Its method is not introspection, but the controlled experiment whose performance data implicate a certain structure or process. Its major contribution has been the separation of different forms of mental representation and of different levels at which such representations are processed.

Freud's free-association model of dream explanation makes certain assumptions about waking information processing. His application of these assumptions to the dream model is that, during dreaming, the flow-chart of waking information processing is imagined to be directionally reversed, that is, instead of converting sense data to long-term storage, the dreamer converts old memories to the form of sensory-like imagery. Contemporary cognitive psychology is relevant at this point because it elaborates models of the waking processes which Freud imagines to be reversed during sleep. The findings and models of cognitive psychology are not, of course, unequivocal. As is true of experimental psychology more generally, in cognitive psychology there are controversies both about data themselves and about how these data are to be interpreted. Nonetheless, the field as a whole should supply a much sounder base for dream modeling than was available in Freud's day. Viewed in this light, its data and models are not,

I think, inconsistent with Freud's model, but they do clarify and extend some of the latter's implications.

Specifically: 1) Cognitive psychologists often stress the constructive, generative nature of *all* perceiving, and therefore, the similarity between the construction of images from sense inputs and the construction of images from long-term storage (*Neisser, 1967, 1976*). Both transcend the boundaries of sensory physiology, both require mind modeling, and the analysis of the constructive principles in the one case presumably may generalize to the other. Interestingly, from this perspective, the 'narrative' continuity of perception over time requires explanation much as does the narrative continuity of dreams. The suggestion is that whatever schemata guide perception can be activated by long-term stores, as well as by sensory inputs. A topographically-regressed model of sleep imaging is not, then, implausible.

2) Research in cognitive psychology also suggests that, intermediate between so-called 'sensory registers' and long-term storage, coding tends to be acoustic, and processing tends to be verbal. In their Human Associative Memory model, for instance, *Anderson* and *Bower* (*1973*) imagine an intermediate image parser, which transforms images to propositional form for long-term memorial encoding. Presumably this parser could be topographically regressed, so that propositions would be encoded as images. More generally, the so-called 'short-term' memory processes mediating perception and long-term memory seem to consist mainly of the process of verbal rehearsal.

3) Cognitive theory indicates that semantic strategies dominate in long-term storage, and has begun to suggest what some of these strategies might be. *Anderson* and *Bower* (*1973*) suggest a dichotomy between *fact* and *context* subtrees in the propositions committed to long-term storage. *Tulving* (*1972*) discriminates *episodic* memory (stored information relating to personally-relevant, temporally-ordered events) from *semantic* memory (an organization, often hierarchical in nature, of our knowledge about words and objects; e.g., 'peach' is a 'fruit'). *Frederiksen* (*1975*) distinguishes *event* representations from *state* representations. Neuropsychological evidence (e.g., *Luria, 1973*) suggests that the utilization of event information (*A* hit *B*) may be unimpaired (when 'tertiary' sensory analyzers are lesioned) while that of state information (*A* is below *B*) is defective. Luria speaks, in fact, of neurophysiologically discriminable « forms of grammatical construction » (p. 312).

The following are some implications which might be drawn for dream psychology, were a contemporarily viable model of waking information processing, along the lines sketched in above, to be 'topographically regressed' to explain dreams.

First, one of the most peculiar properties of the dream is the fact that the « subject does not relate what is happening to memories of his past life and of the normal world, so that the dream is 'discontinuous' with the rest of his experience » (*Green, 1968,* p. 15).

Rechtschaffen (*1975b*) also has commented on this 'non-reflectiveness' of dream consciousness. If, however, we imagine that the verbal processes which ordinarily function to 'interpret' visual displays are, during dreaming, 'loaded' with the task of 'creating' them, then the failure of critical reflection during dreams perhaps is more comprehensible. It is interesting to note that, even in the rapid imaginative production of waking visual narratives from storage, critical reflection can be, at least momentarily, disrupted (*Foulkes* and *Fleisher, 1975*).

Second, as *Freud* (*1900*) noted long ago, another peculiarity of dream thought is its susceptibility to clang associations, semantic reversals, and puns and other forms of 'verbal' wit. If we imagine that acoustically-biased working-memory processes characterize the immediate pre-image dream generator, then these facts, too, begin to make sense. More generally, if the formation of dream images depends on inner-speech processes, then: 1) it seems feasible to construct a grammar of dream images which rests upon specifically verbal grammars; 2) we can understand why, in general, dream images are so easily 'reconvertible' into verbal reports; and 3) we can understand why patients with defective inner speech also have defective dreaming.

Third, as Freud also noted, another puzzling characteristic of dreams is how easily they are forgotten. Now that we know how much dreaming we do, the puzzle is enhanced. Since the forgetting of dreams is such a regular process (*Wolpert* and *Trosman, 1959*), it hardly seems plausible to explain it, as Freud did, by the content-sensitive mechanism of repression, a mechanism itself for which reliable evidence is hard to come by. From an information-processing point of view, we might, rather, imagine that the rehearsal processes of short-term memory are, once again, sufficiently committed to the task of creative serial organization of dreams to be unreliable mediators of the passage of the creative products into long-term storage. When we recall the creative accomplishments of 'ordinary' dreaming (cf. the second *Dostoyevsky* quote, above), it does not seem implausible to imagine that the act of dream creation itself would place a severe load on working-memory mechanisms.

In this regard, Soviet research provides what may be an experimental model of the mechanisms involved in the forgetting of dreams. When the articulatory apparatus and central speech processing systems of research subjects are experimentally engaged in extraneous tasks, there is, depending on task load, either total or intermittent amnesia for externally-generated sense inputs (*Sokolov, 1972*). One must, of course, imagine *some* rehearsal of prior dream images during the act of creating a dream narrative, or else there would be no narrative. The point is, however, that the rehearsal obligatory to the act of creating a narrative may not be sufficient for the commitment of that narrative to effective long-term storage. This hypothesis suggests that 'state-dependency' explanations of amnesia for REM dreams may be incomplete — at least insofar as the states in question are identified psychophysiologically. The amnesia also may be

'act-dependent'. That is, one might be able to demonstrate that *waking* narratives created so rapidly as to be 'automatically' generated also are subject to a partial amnesia.

These implications are, I think, of sufficient general importance with regard to understanding and explaining the phenomenological properties of dreams that they illustrate the value of framing a model of dreaming in terms of the observations and constructs of contemporary cognitive psychology. I believe that such a model can be built along the lines of Freud's free-association model of dream interpretation and explanation. The entire data base of this latter model, at least in its more operational form (*1900*, ch. VI), is symbolic (verbal reports), and the constructs built upon this base also are entirely symbolic in character. Freud saw the underlying dream-thoughts as « a complex of thoughts and memories of the most intricate possible structure, *with all the attributes of the trains of thought familiar to us in waking life* » (*1900*, pp. 311-12, italics added). He saw the « dream-work » processes of the sleeping mind as proceeding « along the line of finding appropriate *verbal transformations* » (*1900*, p. 340, italics added) for such thoughts. Dream-work mechanisms are, in essence, *inner-speech processes*. Finally, Freud saw the manifest dream as one whose characters must be read for their « *symbolic relation* » rather than for their « *pictorial value* » (*1900*, p. 277, italics added).

Some points of specific convergence already seem to exist between Freud's model and contemporary work in cognitive psychology. Freud believed that dream imagery must derive from verbally-construed structures and processes. He remarks (*1900*, p. 340) that « there is no need to be astonished at the part played by words in dream-formation. Words ... are the nodal points of numerous ideas ». Elsewhere (*1900*, p. 344), he remarks that « the dream-work does not shrink from the effort of recasting unadaptable thoughts into a new verbal form ... provided that that process facilitates representation ». Likewise, Freud seemed to be aware that long-term semantic storage must take place in qualitatively different forms. His distinction between the personal experiences he calls the « latent dream thoughts », on the one hand, and a semantic network, or « connective tissue », binding these thoughts to one another and to the dream, on the other hand, is in some ways reminiscent of the current episodic/semantic and event/state dichotomies in semantic-memory theory. Other such parallels will, no doubt, become apparent as more attention is given to operationalizing Freud's explanatory model. It is important to note that such parallels may enrich not only dream psychology with recent experimental findings on the waking mind, but also cognitive psychology with the data of dreaming and Freudian mind-modeling, which it has for long so studiously avoided.

IV DREAMING AS SYMPTOM FORMATION

It is at precisely this point that consideration needs to be given to what seems to be a major difference between Freud's dream theory and more

recent work in linguistics and cognitive psychology. Is it possible to have a *linguistic* or *cognitive* operationalization of Freud's dream-explanation model when Freud's theory stresses the primacy of *motives* in dream formation, while both the Chomskyan tradition in linguistics and contemporary cognitive psychology are relatively disinterested in characterizing or studying human motivation? The relative disinterest of recent students of symbolic behavior in questions of motivation is, admittedly, a major weakness of their work. For this reason, *Chomsky* (*1972*) feels that it would be « absurd » (p. 156) to consider his « competence » model a model of actual language-generating performance. Likewise, *Neisser* (*1967*, p. 305) recognizes the deficiency of models of « the higher mental processes » which neglect dynamic or motivational factors, but cognitive psychology has done little to address this imbalance.

Among the problems historically impeding the integration of dreams into cognitive psychology (only Neisser, himself, among those prominent in the field of experimental cognitive psychology, has embraced dreams as an integral concern of the field) has been the peculiarly uncognitive way in which dream theory has tended to conceptualize its motivational constructs. Unfortunately, this difficulty has been greatest for just that dream theory — Freud's — which otherwise is so contemporary in its cognitive approach to dreams. Freud's motivational theory presents one with a vast array of quasi-physical, quasi-biological concepts such as psychic energy, libido, instinct, impulse, cathexis and counter-cathexis, and so forth. How can such constructs be mapped into a field of mental representations? Or, how, indeed, can they even be imagined to interact with such cognitive constructs as 'image' or 'thought'?

Recent developments in psychoanalysis (especially the rise of the psychoanalytic ego-psychology movement) have opened the way toward a reasonable resolution of this problem. Analytic theorists have begun to separate out those formal, psychological, and symbolic features of Freud's motivational constructs justified by data and the logic of scientific explanation from those reductionistic features of these same constructs which Freud added, gratuitously, on the mistaken assumption that physical or biological connotations would increase the scientific standing of his explanations.

Within his model of dream explanation, it is important to understand the origins of the offending connotations Freud imparted to his motivational constructs. Because dreams had to be reduced to sexual instigators, the empirical end-points of free-association flow-charts had to be translated as representations of infantile sexual conflicts, and, because of Freud's affinity for quasi-biological explanation, deriving from his own scientific background, and reinforced, in his mind, at least, by his work with hysterical patients, these sexual factors had to be conceived in instinctual terms. If, however, we omit the final, and gratuitous, step in Freud's use of the free-association flow-chart, in which verbal/propositional content is translated into instinctual form, we can conceptualize motives symbol-

ically or propositionally, rather than as bioenergetic entities. We then would have 'Freudian' motive constructs which would be stated in a form co-ordinate with the mental representations upon which they are supposed to act, and stated in a form rendering them useful to those cognitive disciplines whose major deficiency lies in their failure to consider the 'why' of cognitive acts (*Vygotsky, 1934*).

Thus we might differentiate propositional content in the free-associative matrix which is representational *and* motivational (e.g., « I dislike Mother ») from content in that same matrix which is merely representational (e.g., « Mother lives in France »)[2]. We would not have to assume that all representations were motivational, only that all motives were representational (*Lacan, 1957*; *Leeper* and *Madison, 1959*). Motives and emotions are symbolic; they imply maps of the world which represent ego's relationship to other significant land-marks in ego's life space or which define the universe in which acts are planned out.

This symbolic conceptualization of the instigators of dreams is not inconsistent with Freud's own account, in chapter VI of *The Interpretation of Dreams*. Nor, interestingly enough, is it incompatible with Freud's earliest, and most data-bound, accounts of hysterical symptom formation. In *Studies on Hysteria* (*Breuer* and *Freud, 1895*), we learn that « *hysterics suffer mainly from reminiscences* » (p. 7). The gist of Freud's account is not that hysteria is an 'affective' or 'motivational' disorder, but a representational or symbolic one (*Szasz, 1961*; *Edelson, 1971*). And, of course, a symbolic account of motives also makes sense on methodological grounds. Freud's 'unconscious' is, in the dream case, at least, only an inference from two sets of verbal behaviors — dream reports and free associations. Unconscious dream-generators can be legitimately proposed only as hypothetical summaries or organizers of these verbal outputs. There seems to be no valid *a priori* reason why such hypothetical causal variables should be formulated in terms radically different from those of the data they seek to explain. We can maintain Freud's insight that the motives which guide our behavior — and dreams — may *be* 'unconscious', i.e., relatively inaccessible to conscious awareness, without postulating another ontological realm in which such motives 'reside', or another 'form' in which they exist. (The notion of a 'propositional' or symbolic unconscious also may be found in *Suppes* and *Warren's* [*1975*] treatment of 'defense mechanisms', Colby's computer simulations of defense mechanisms [*Colby* and *Gilbert, 1964*] and of paranoia [*Colby, 1975*], and in *Gass's* [*1975*] reformulation of the language of psychoanalysis. This same notion also may be found in the writings of *Edelson* [*1972, 1975*] and *Schafer* [*1973, 1975, 1976*], among many others).

Thus we can acknowledge the similarities Freud saw between dream formation and symptom formation without accepting, as a consequence, that dreams must be relegated to 'motivational', rather than to 'cognitive', psychology. The parallels argue, rather, that symptom formation must be included within an expanded cognitive psychology, one which

comprehends motivational schemata as well as those relatively more cold-blooded representations which have defined the traditional boundaries of cognitive study.

V CONCLUSION

I have argued that the proper explanation of dream phenomena ultimately must come from models whose constructs are symbolic, rather than bioelectrical or neurohumoral, in form. I have suggested that the Freudian technique of explaining dreams via data collected in free association provides the most appropriate model in terms of which such explanation can be effected. I further have suggested that the explanatory power of Freud's model has yet to be examined rigorously or empirically, but that there is nothing in principle or fact to prevent us from conducting such evaluations. Because Freud's model is essentially cognitive and symbolic in form, it now can profit from recent attempts to characterize waking speech- and thought-generators. It is not incompatible with these other models, but supplements them, and they it, in ways which can only enhance our own progress toward a unified understanding of the highest symbolic achievements of the human mind.

McCarley and *Hobson* (*1977*) object to cognitive models of dreaming because they are « abstract », « difficult to specify in detail », and « difficult to test » (p. 1220). It is hard to see any specific basis for the charge that such models are farther removed from data, or less precise or testable, than physiological models. It already has been demonstrated that the cognitive model sketched out here can be rulefully coordinated with particular dream observations and has issued in a reliable technique for the empirical investigation of dream phenomena (*Foulkes, 1978*). Furthermore, it is only a model of this genre which can address those issues which are of greatest interest to dream psychology and can resolve those features of dream experience which continue to prove so puzzling to both scientists and lay-persons.

D. F.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper has greatly profited from critical readings by Nancy H. Kerr, whose assistance I gratefully acknowledge.

NOTES AND BIBLIOGRAPHY

1 For instance, we now realize that REM dreams are less bizarre and more like waking thought than would have been suggested by clinical studies of spontaneously-recalled dreams or by psychoanalytic theory (e.g., *Snyder, 1970*; *Dorus, Dorus,* and *Rechtschaffen, 1971*; *Foulkes, 1971*). We also know that « when some kind of pattern has been observed in correlations between sleep thinking and waking activity, personality, or fantasy, it generally has been one of continuity between the two states » (*Foulkes* and *Vogel, 1974*, p. 13).

2 Such differentiation has, in fact, been reliably achieved (*Foulkes, Buller,* and *Maykuth, 1978*).

ANDERSON, J. R., *Language, Memory, and Thought,* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J., 1976.

ANDERSON, J. R., and BOWER, G. H., *Human Associative Memory*, V. H. Winston, Washington, D. C., 1973.

ASERINSKY, E., and KLEITMAN, N., *Regularly Occurring Periods of Eye Motility, and Concomitant Phenomena, During Sleep*, in Science, 118, (1953), pp. 273-274.

BADDELEY, A. D., *The Psychology of Memory*, Basic Books, New York, 1976.

BARTLETT, F. C., *Remembering*, Cambridge University Press, Cambridge (Eng.), 1932.

BIZZI, E., and BROOKS, D. C., *Functional Connections between Pontine Reticular Formation and Lateral Geniculate Nucleus During Deep Sleep*, in Archives Italiennes de Biologie, 101 (1963), pp. 666-680.

BREUER, J., and FREUD, S., *Studies on Hysteria*, in *Std. Edit. of Complete Psychological Works*, Vol. II, Hogarth Press, London, 1955 (orig. 1895).

CHOMSKY, N., *Syntactic Structures*, Mouton, The Hague, 1957.

CHOMSKY, N., *Aspects of the Theory of Syntax*, M. I. T. Press, Cambridge (Mass.), 1965.

CHOMSKY, N., *Language and Mind* (enlarged ed.), Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1972.

CHOMSKY, N., *Reflections on Language*, Pantheon, New York, 1975.

CLARK, H. H., and CLARK, E. V., *Psychology and Language: An Introduction to Psycholinguistics*, Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1977.

COLBY, K. M., *Artificial Paranoia: A Computer Simulation of Paranoid Processes*, Pergamon, New York, 1975.

COLBY, K. M., and GILBERT, J. P., *Programming a Computer Model of Neurosis*, in Journal of Mathematical Psychology, 1 (1964), pp. 405-417.

CROWDER, R. G., *Principles of Learning and Memory*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J., 1976.

DEMENT, W., *Dream Recall and Eye Movements During Sleep in Schizophrenics and Normals*, in Journal of Nervous and Mental Disease, 122 (1955), pp. 263-269.

DORUS, E., DORUS, W., and RECHTSCHAFFEN, A., *The Incidence of Novelty in Dreams*, in Archives of General Psychiatry, 25 (1971), pp. 364-368.

DOSTOYEVSKY, F., *Crime and Punishment*, Random House, New York, 1956 (orig. 1866).

DOSTOYEVSKY, F., *The Idiot*, New American Library, New York, 1969 (orig. 1869).

EDELSON, M., *The Idea of a Mental Illness*, Yale University Press, New Haven, 1971.

EDELSON, M., *Language and Dreams: The Interpretation of Dreams Revisited*, in *The Phychoanalytic Study of the Child*, 27 (1972), pp. 203-282.

EDELSON, M., *Language and Interpretation in Psychoanalysis*, Yale University Press, New Haven, 1975.

ERIKSON, E. H., *The Dream Specimen of Psychoanalysis*, in Journal of the American Psychoanalytic Association, 2 (1954), pp. 5-56.

FARRELL, B., *Pat and Roald*, Random House, New York, 1969.

FLAVELL, J. H., *The Developmental Psychology of Jean Piaget*, D. Van Nostrand, Princeton, N. J., 1963.

FODOR, J. A., BEVER, T. G., and GARRETT, M. F., *The Psychology of Language*, McGraw-Hill, New York, 1974.

FOULKES, D., *Dream Reports from Different Stages of Sleep*, in Journal of Abnormal and Social Psychology, 65 (1962), pp. 14-25.

FOULKES, D., *Longitudinal Studies of Dreams in Children*, in Science and Psychoanalysis, 19 (1971), pp. 48-71.

FOULKES, D., *A Grammar of Dreams*, Basic Books, New York, 1978.

FOULKES, D., BUTLER, S. F., and MAYKUTH, P. L., *Reliability of the Content Analysis*, in FOULKES, D., *A Grammar of Dreams*, Basic Books, New York, 1978.

FOULKES, D., and FLEISHER, S., *Mental Activity in Relaxed Wakefulness*, in Journal of Abnormal Psychology, 84 (1975), pp. 66-75.

FOULKES, D., and POPE, R., *PVE and SCE in Stage REM: a Modest Confirmation and an Extension*, in Perceptual and Motor Skills, 37 (1973), pp. 107-118.

FOULKES, D., SCOTT, E. A. and POPE, R., *The Tonic-phasic Strategy in Sleep-mentation Research: Correlates of theta Bursts at Sleep Onset and During Non-REM Sleep*, in Ricerche di Psicologia, in press.

FOULKES, D., and VOGEL, G., *Mental Activity at Sleep Onset*, in Journal of Abnormal Psychology, 70 (1965), pp. 231-243.

FOULKES, D., and VOGEL, G., *The Current Status of Laboratory Dream Research*, in Psychiatric Annals, 4 (1974), (7), pp. 7-27.

FREDERIKSEN, C. H., *Representing Logical and Semantic Structure of Knowledge Acquired from Discourse*, in Cognitive Psychology, 7 (1975), pp. 371-458.

FREUD, S., *Project for a Scientific Psychology*, in *Std. Edit. of Complete Psychological Works*, Vol. 1, Hogarth Press, London, 1966 (orig. 1895), pp. 281-397.

FREUD, S., *The Interpretation of Dreams*, Basic Books, New York, 1955 (orig. 1900).

GASS, W., *The Scientific Psychology of Sigmund Freud*, in New York Review of Books, May 1 (1975), pp. 24-29.

GOODENOUGH, D. R., SHAPIRO, A., HOLDEN, M., and STEINSCHRIBER, L., *A Comparison of 'Dreamers' and 'Nondreamers': Eye Movements, Electroencephalograms, and the Recall of Dreams*, in Journal of Abnormal and Social Psychology, 59 (1959), pp. 295-302.

GREEN, C., *Lucid Dreams*, Hamish Hamilton, London, 1968.

GREENE, J., *Psycholinguistics: Chomsky and Psychology*, Penguin, Baltimore, 1972.

HALL, C. S., *A Cognitive Theory of Dreams*, in Journal of General Psychology, 49 (1953), pp. 273-282. (*a*)

HALL, C. S., *A Cognitive Theory of Dream Symbols*, in Journal of General Psychology, 48 (1953), pp. 169-186. (*b*)

HALL, C. S., *The Meaning of Dreams*, Dell, New York, 1959 (orig. 1953). (*c*).

HALL, C. S., and VAN DE CASTLE, R. L., *The Content Analysis of Dreams*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1966.

HARTMANN, H., *Ego Psychology and the Problem of Adaptation*, International Universities Press, New York, 1958 (orig. 1939).

HAURI, P., SAWYER, J., and RECHTSCHAFFEN, A., *Dimensions of Dreaming: a Factored Scale for Rating Dream Reports*, in Journal of Abnormal Psychology, 72 (1967), pp. 16-22.

HOBSON, J. A., and MCCARLEY, R. W., *The Brain as a Dream State Generator: an Activation-synthesis Hypothesis of the Dream Process*, in American Journal of Psychiatry, 134 (1977), pp. 1335-1348.

JAKOBSON, J., *Toward a Linguistic Classification of Aphasic Impairments*, in H. GOODGLASS and S. BLUMSTEIN (eds.), *Psycholinguistics and Aphasia*, Johns Hopkins, Baltimore, 1973, pp. 29-47.

KLATZKY, R. L., *Human Memory: Structure and Processes*, W. H. Freeman, San Francisco, 1975.

KOSSLYN, S. M. and POMERANTZ, J. R., *Imagery, Propositions, and the Form of Internal Representations*, in Cognitive Psychology, 9 (1977), pp. 52-76.

LACAN, J., *The Insistence of the Letter in the Unconscious*, in Yale French Studies, No. 36-37 (1966), pp. 112-147 (orig. 1957).

LEEPER, R. W., and MADISON, P., *Toward Understanding Human Personalities*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1959.

LURIA, A. R., *The Working Brain: An Introduction to Neuropsychology*, Basic Books, New York, 1973.

MCCARLEY, R. W. and HOBSON, J. A., *The Neurobiological Origins of Psychoanalytic Dream Theory*, in American Journal of Psychiatry, 134 (1977), pp. 1211-1221.

MOLINARI, S., and FOULKES, D., *Tonic and Phasic Events During Sleep: Psychological Correlates and Implications*, in Perceptual and Motor Skills, 29 (1969), pp. 343-368.

MOSS, C. S., *Recovery with Aphasia: The Aftermath of My Stroke*, University of Illinois Press, Urbana, 1972.

NEISSER, U., *Cognitive Psychology*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1967.

NEISSER, U., *Cognition and Reality*, W. H. Freeman, San Francisco, 1976.

NEISSER, U., and KERR, N., *Spatial and Mnemonic Properties of Visual Images*, in Cognitive Psychology, 5 (1973), pp. 138-150.

NORMAN, D. A., *Memory and Attention*, John Wiley, New York, 1969.

NORMAN, D. A., *Memory and Attention*, 2nd edition, John Wiley, New York, 1976.

PHILLIPS, J. L., *The Origins of Intellect: Piaget's Theory*, 2nd ed., W. H. Freeman, San Francisco, 1975.

PIAGET, J., and INHELDER, B., *Mental Imagery in the Child*, Basic Books, New York, 1971 (orig. 1966).

POSNER, M. I., *Cognition: An Introduction*, Scott, Foresman, Glenview (Ill.), 1973.

PYLYSHYN, Z. W., *What the Mind's Eye Tells the Mind's Brain: A Critique of Mental Imagery*, in Psychological Bulletin, 80 (1973), pp. 1-24.

RECHTSCHAFFEN, A., *Scientific Method in the Study of Altered States of Consciousness with Illustrations from Sleep and Dream Research*, in *Altered States of Consciousness: Current Views and Research Problems*, Drug Abuse Council, Washington, D. C., 1975, pp. 135-191. (*a*)

RECHTSCHAFFEN, A., *The Single-mindedness and Isolation of Dreams*, Presented to Association for the Psychophysiological Study of Sleep, Edinburgh, 1975. (*b*)

SCHAFER, R., *Action: its Place in Psychoanalytic Interpretation and Theory*, in Annual of Psychoanalysis, 1 (1973), pp. 159-196.

SCHAFER, R., *Psychoanalysis without Psychodynamics*, in International Journal of Psychoanalysis, 56 (1975), pp. 41-55.

SCHAFER, R., *A New Language for Psychoanalysis*, Yale University Press, New Haven, 1976.

SHEEHAN, P. W. (ed.), *The Function and Nature of Imagery*, Academic Press, New York, 1972.

SLOBIN, D. I., *Psycholinguistics*, Scott, Foresman, Glenview (Ill.), 1971.

SNYDER, F., *The Phenomenology of Dreaming*, in L. MADOW and L. H. SNOW (eds.), *The Psychodynamic Implications of the Physiological Studies on Dreams*, C. C. Thomas, Springfield (Ill.), 1970, pp. 124-151.

SOKOLOV, A. N., *Inner Speech and Thought*, Plenum, New York, 1975 (orig. 1972).

SUPPES, P., and WARREN, H., *On the Generation and Classification of Defence Mechanisms*, in International Journal of Psychoanalysis, 56 (1975), pp. 405-414.

SZASZ, T. S., *The Myth of Mental Illness*, Delta, New York, n.d. (orig. 1961).

TART, C. T. (ed.), *Altered States of Conciousness*, John Wiley, New York, 1969.

TART, C. T., *States of Consciousness*, E. P. Dutton, New York, 1975.

TULVING, E., *Episodic and Semantic Memory*, in E. TULVING and W. DONALDSON (eds.), *Organization of Memory*, Academic Press, New York, 1972, pp. 381-403.

VOGEL, G., FOULKES, D., and TROSMAN, H., *Ego Functions and Dreaming During Sleep Onset*, in Archives of General Psychiatry, 14 (1966), pp. 238-248.

VYGOTSKY, L. S., *Thought and Language*, M. I. T. Press, Cambridge (Mass.), 1962 (orig. 1934).

WOLPERT, E. A. and TROSMAN, H., *Studies in Psychophysiology of Dreams. I. Experimental Evocation of Sequential Dream Episodes*, in Archives of Neurology and Psychiatry, 79 (1958), pp. 603-606.

Il sogno come linguaggio e come attività cognitiva

DAVID FOULKES
Emory University and Georgia Mental Health Institute
Atlanta (Georgia, U.S.A.)

Per quanto le nostre conoscenze sul funzionamento della mente umana progrediscano continuamente, noi restiamo ancora sconcertati di fronte all'enigma dei sogni. Sebbene scritta un secolo fa la citazione che riportiamo qui di seguito descrive in modo ancora esatto la sensazione di sgomento e di riverente timore che ci afferra di fronte alle operazioni compiute dalla nostra mente durante il sonno:

« Si fanno a volte dei sogni strani fuor del possibile e del naturale: svegliandovi, li ricordate chiaramente e vi meravigliate dello strano fatto. Vi ricordate prima di tutto che la ragione non vi ha abbandonato mai nel corso della vostra visione: rammentate perfino di aver agito con molta scaltrezza e con molta logica, durante tutto il lungo, lunghissimo tempo in cui foste circondato dagli assassini, mentre essi giocavano di astuzia con voi celando il loro proposito e trattandovi amichevolmente, pur avendo già pronta l'arma per uccidervi e aspettando soltanto un qualche segnale; vi ricordate con quanta finezza li avete alla fine ingannati, nascondendovi; poi avete indovinato che essi conoscevano il vostro stratagemma per filo e per segno, ma facevan finta di non sapere dove vi nascondeste; voi però siete stato scaltro e li avete ingannati un'altra volta: di tutto ciò vi ricordate lucidamente. Ma come mai, nello stesso tempo, la vostra ragione ha potuto acquetarsi dinanzi ad assurdità, a impossibilità così palesi, come quelle di cui, fra l'altro, era colmo tutto il vostro sogno? Sotto i vostri occhi uno degli assassini si è trasformato in donna, e da donna in un piccolo, astuto e brutto nano, e voi subito avete ammesso la cosa come un fatto compiuto, quasi senza perplessità alcuna, e ciò proprio quando, d'altra parte, la vostra ragione era in uno stato di massima tensione e dava prova di forza straordinaria, di accortezza, di penetrazione e di logica » (*Dostojevskij, 1869*, p. 447). Come è possibile trovare una spiegazione al fatto che in noi coesistano giustapposte una totale accettazione dell'assurdo e una brillante ingegnosità nel trattare complicati 'scenari' onirici? Che cosa è mai questa mente che possediamo (o che ci possiede) durante il sonno, in grado di rendere così normali e credibili esperienze tanto enigmatiche e sconcertanti?

Prenderò ora in esame quattro modi di affrontare i fenomeni onirici che forniscono (o potrebbero fornire) un aiuto per la comprensione del problema. La prima e l'ultima di queste teorie sono quelle tradizionali: il tentativo di ridurre i sogni a meccanismi bio-fisici l'una, quello di interpretarli come indizi di conflitti istintivi l'altra. Si tratta, a mio parere, di punti di vista che non sono stati molto utili e anzi, in ultima analisi, si sono dimostrati fuorvianti. Gli altri due punti di vista sono relativamente più aggiornati, si basano infatti sui recentissimi sviluppi della ricerca scientifica in vari campi connessi fra loro: si tratta dei tentativi di interpretare l'attività onirica, rispettivamente, come un sistema linguistico organizzato e come un insieme di operazioni nell'ambito di un sistema in cui gli uomini elaborano le informazioni per scambiarle.

Cercherò di dimostrare che queste due ultime interpretazioni costituiscono le strategie più appropriate e più convincenti per risolvere gli enigmi sollevati dall'esperienza onirica.

SOGNO COME FISIOLOGIA - I

La scoperta del sonno REM (*Aserinsky* e *Kleitman, 1953*) diede nuovo impulso ai tentativi di 'spiegare' i fenomeni onirici facendo ricorso a meccanismi o a sistemi fisiologici. Il più recente e il più noto di questi tentativi è quello di *Hobson* e *McCarley* (*1977*), che cerca di spiegare il sogno ricorrendo a un ipotetico attivatore presente a livello del tronco encefalico. Per Hobson e McCarley l'esperienza onirica non è altro che il « proencefalo ... che compie nel modo migliore un lavoro ingrato traducendo in immagini oniriche, anche parzialmente coerenti tra loro, i segnali relativamente appariscenti che provengono dal tronco encefalico » (p. 1347). Questi autori, inoltre, cercano di dimostrare (*McCarley* e *Hobson, 1977*) che, per quanto riguarda la formazione dei sogni, il loro modello non è in contraddizione con quello che era il proposito originario di Freud quando (*Freud, 1895*) formulava il modello psicoanalitico dei processi onirici (*Freud, 1900*), ma supera il modello freudiano essendo corredato di un tipo vitale di isomorfismo mente-corpo. Io credo comunque che il loro modello abbia gli stessi gravi limiti di altri modelli analoghi. In particolare: 1) è stato impropriamente ideato per spiegare gli enigmi presenti nei fenomeni onirici e 2) piega alle proprie premesse esplicative i fenomeni che deve interpretare, invece di adattare le proprie premesse ai fenomeni da spiegare.

Il modello Hobson-McCarley mi sembra inadeguato perché non ritengo ragionevole ipotizzare che un'attività elettrica presente nel tronco encefalico (o delle secrezioni neuroumorali, o un qualche meccanismo biofisico situato in un punto qualsiasi del sistema nervoso centrale) possa 'spiegare' le enigmatiche caratteristiche dell'esperienza onirica. Queste caratteristiche, proprio come per esempio vengono descritte da Dostojevskij, sono dei fatti psichici. La loro spiegazione ultima deve dunque trovarsi esattamente a questo stesso livello.

Non voglio certamente negare che le osservazioni fisiologiche possano avere un ruolo utile nell'elaborare una tale spiegazione. Ma è importante comprendere esattamente quale possa essere, nel migliore dei casi, tale ruolo. È noto che il problema del rapporto corpo-mente non è stato ancora risolto: non sappiamo se sono i fenomeni encefalici a produrre l'esperienza o viceversa. Come scienziati sperimentali, la sola posizione che ci sembra di poter ragionevolmente condividere a proposito del rapporto esistente tra i fatti psichici e i fatti fisici è quello di un parallelismo psico-fisico di tipo 'metodologico'. Noi accettiamo dunque il principio che esistano organizzazioni parallele ('isomorfismi') dei fenomeni psicologici e fisiologici. In questo modo possiamo immaginare che le proprietà peculiari del pensiero durante il sogno si riflettano in processi encefalici 'peculiari' rispetto all'organizzazione mentale propria dello stato vigile. Io credo che una descrizione particolareggiata e obiettiva dei modelli encefalici relativi al sonno possa perciò dirigere la nostra attenzione verso forme parallele di organizzazione psichica durante il sogno nei confronti delle quali l'indagine psicologica pura non ci ha sensibilizzati a sufficienza. Questi processi psicologici, inoltre, non potrebbero, in quanto tali, spiegare in alcun modo i fatti che avvengono durante l'esperienza onirica. Suggerire un fondamento concreto, materiale, per un processo psicologico organizzato non equivale a ricondurre il processo stesso nell'ambito della comprensione scientifica. Da sostenitori del parallelismo metodologico, ci aspettiamo a questo punto che i fatti psicologici in questione abbiano un fondamento fisico isomorfico. Ma non era questo il problema — o l'enigma — che stavamo affrontando. Si trattava invece di organizzare i fatti psicologici e di inserirli in un più ampio quadro psichico di riferimento.

Può essere utile, a questo punto, ricorrere a un'analogia. Immaginiamo che qualcuno si meravigli di fronte alle capacità creative del linguaggio umano. Il linguaggio, dal punto di vista psicologico, rappresenta un sistema organizzato. Nessuna descrizione, nessuna trattazione, per quanto ampie, dei meccanismi centrali o periferici preposti alla produzione e alla comprensione linguistica possono 'spiegare' questo sistema. Una tale descrizione può aiutarci a organizzare i fatti a livello psicologico, ma rappresenta anche il suo limite euristico. La nostra meraviglia di fronte alla capacità creativa, al potere e all'estensione dell'uso che facciamo dei simboli linguistici deve essere rivolta proprio verso il livello psichico o simbolico da cui tale uso trae origine. I dati psicologici debbono essere descritti in modo coerente e messi in relazione con quanto sappiamo di altri sistemi relativi al funzionamento psichico. Non si fanno grandi passi avanti quando si scopre che processi fisici paralleli accompagnano il comportamento simbolico; si sa già che le cose stanno così.

Nel tentativo di giustificare il riduzionismo fisico da loro attuato, *McCarley* e *Hobson* (*1977*) cercano di sintonizzare il loro modello con quello di *Freud* (*1900*). Anche Freud, sostengono, si era reso conto che la spiegazione ultima dei sogni deve essere cercata all'interno di un sistema fisico. A mio parere, anche se ritengo che le dispute sulle intenzioni di un autore ormai scomparso siano sterili, è abbastanza chiaro che, a partire dal 1900, per spiegare i sogni Freud abbracciò un modello simbolico, abbandonando quello fisico. Le prime due frasi dell'*Interpretazione dei sogni* annunciano il progetto dell'intero lavoro:

« Dimostrerò nelle pagine seguenti che esiste una tecnica *psicologica* che consente di interpretare i sogni, e che, applicando questo metodo, ogni sogno si rivela come una formazione *psichica* densa di *significato*, che va inserita in un punto determinabile dell'*attività psichica* della veglia. Tenterò inoltre di chiarire i processi da cui derivano la stranezza e la oscurità del sogno e di dedurre la natura delle *forze psichiche* dalla cui cooperazione o dal cui contrasto il sogno trae origine » (*1900*, corsivi miei).

La tecnica psicologica cui accenna Freud è naturalmente quella delle associazioni libere ed egli dimostra nei capitoli successivi di questo libro che essa può essere usata per isolare sia i contenuti psichici da cui il sogno trae il proprio significato e da cui si può immaginare che il sogno abbia avuto origine (cap. V), sia le operazioni di trasformazione simbolica (cap. VI) alle quali si deve pensare che questi contenuti siano stati sottoposti al momento del loro passaggio dalla struttura semantica profonda alla realizzazione di superficie. Come avviene anche per i processi cognitivi durante lo stato vigile, non siamo in grado di osservare direttamente (tramite, cioè, l'introspezione) le operazioni compiute dalla mente durante il sonno, ma dobbiamo ricostruirle sulla base dei dati comportamentali: « Poiché questi sono gli *outputs* e questi gli *inputs*, il processo di generazione deve avvenire così e così ». Il modello di Freud diventa in questo modo *un modello cognitivo di formazione dei sogni, radicato negli eventi psichici che possono essere rilevati tramite la particolare 'tecnica psicologica' da lui elaborata*. Benché Freud stesso abbia fatto un uso poco attendibile di questo modello, non esiste, in teoria, alcun motivo per cui non si possa usarlo in modo adeguato; è sufficiente scrivere le regole da adottare quando si analizzano e si organizzano i resoconti verbali di un sogno e i protocolli delle associazioni (*Foulkes, 1978*). Il capitolo VII dell'*Interpretazione dei sogni* dimostra che a Freud, come affermano McCarley e Hobson, interessava anche affiancare al suo modello cognitivo del sogno un modello specifico di funzionamento neurale. Da questo punto di vista, rispetto agli standard più recenti, non ebbe un gran successo. Ciò che importa, comunque, è che il modello (*Freud, 1900*, cap. VI) teso più direttamente a risolvere le nostre perplessità di fronte ai sogni è quello basato su una tecnica psicologica ben precisa (e non su un modello neuro-biologico del funzionamento del cervello); esso è meramente cognitivo nelle sue proprietà for-

mali e può rimanere del tutto indipendente da qualsiasi descrizione particolareggiata relativa ai sistemi neurali. L'affermazione di *McCarley* e *Hobson* (*1900*, p. 1219) che le ipotesi freudiane sul sogno erano « derivate direttamente dalle formulazioni fisiologiche contenute nel *Progetto* [*Freud, 1895*] », ignora fino a che punto tali ipotesi dipendano da dati e metodi simbolici. La tragedia del cap. VII, ampiamente confermata nell'interpretazione di McCarley e Hobson, è che Freud, trattando l'argomento dal punto di vista biologico, non chiarisce esplicitamente il fatto che egli ha pienamente mantenuto la promessa contenuta nella dichiarazione con la quale iniziava l'*Interpretazione dei sogni*, di possedere cioè una *tecnica psicologica* con la quale è possibile sia *interpretare i sogni* in modo attendibile, sia delineare i *processi simbolici* in base ai quali i sogni si formano. Anche se i modelli neurali del sogno possono, in teoria, essere di qualche utilità quando si organizzano i dati empirici relativi alla psicologia del sogno, è vero tuttavia che raramente lo sono stati. Più spesso questi modelli si sforzano di classificare 'le verità che già conosciamo' del sogno, anche quando, come talvolta succede, questa 'conoscenza' è errata. Spesso tali modelli tengono debitamente conto e della complessità empirica dei sogni e della letteratura psicologica che documenta questa complessità. È come se soltanto i modelli relativi al funzionamento del sistemá nervoso, e non già le osservazioni o le esperienze psichiche stesse, possano spiegarci che cosa succede nella nostra mente durante il sonno. Poiché si tratta di un punto di vista riduttivo e di modelli neurali dell'esperienza simbolica ancora prossimi a grossolane caricature di questa esperienza, le descrizioni particolareggiate dei correlati fisici del sogno non sono state, in pratica, di grande utilità per la comprensione dell'esperienza onirica. Si può dimostrare facilmente, in realtà, che l'introduzione di una 'fisiologia del sogno' all'interno di una psicologia del sogno ha avuto effetti regressivi. La scoperta dei movimenti oculari rapidi (REM), ad esempio, ha fatto dimenticare che il sogno deve essere considerato un processo cognitivo e non percettivo. Anche l'interpretazione di *Hobson* e *McCarley* (*1977*), secondo la quale il sogno è un tentativo, generoso ma a posteriori, da parte di un cervello altrimenti forse inerte di dare un senso all'attività elettrica del tronco encefalico, è confutata da parecchie osservazioni psicologiche: 1) i sogni presentano una forte integrazione tematica o narrativa e il modo evidente in cui i sogni manipolano gli *inputs* 'esogeni' suggerisce infatti l'ipotesi che sia l'incalzante tema narrativo ad adattare gli stimoli esterni e non viceversa (*Foulkes, 1978*); 2) le immagini visive che compaiono durante il sogno permangono durante il sonno REM (e NREM) e non sono accompagnate da attivazioni della corteccia da parte del ponte (*Foulkes, 1962*; *Foulkes* e *Vogel, 1965*; *Molinari* e *Foulkes, 1969*); 3) fra le esperienze oniriche che avvengono in presenza o in assenza di tale attivazione si notano differenze scarsamente attendibili e poco rilevanti (*Foulkes* e *Pope, 1973*; *Foulkes, Scott* e *Pope*, in corso di stampa). Analogamente, l'uso che fanno Hobson e McCarley dei meccanismi veicolanti l'atonia durante il sonno REM per spiegare i motivi per cui siamo « paralizzati durante il sogno », non tiene in considerazione il fatto che l'atonia del sonno REM rappresenta una costante, mentre è rarissimo osservare fenomeni di paralisi durante i sogni REM. In questo caso, come succede frequentemente quando si costruiscono modelli psicologici del sogno, il modello deforma i fatti dell'esperienza onirica in funzione delle proprie esigenze 'isomorfiche'.

Per quanto mi riguarda, poi, seguendo un percorso che si è sviluppato a partire da *Freud* (*1900*), io sono favorevole a un modello cognitivo o simbolico del sogno, perché mi sembra il più appropriato. Qualcuno potrebbe obiettare — a ragione, io credo — che dopo Freud si sono fatti pochi passi avanti nell'impiego della sua 'tecnica psicologica'. Ma ciò non è successo perché tale tecnica ha rivelato delle carenze, ma perché non è mai stata tradotta in forma sufficientemente operativa da permetterne

un uso sistematico. Altrove (*Foulkes, 1978*) ho cercato di dimostrare che questa tecnica può essere tradotta in termini operativi e che attualmente è possibile trarre esaustivamente le implicazioni contenute nel modello cognitivo dei processi onirici delineato da Freud. Non si pone più, per noi, la necessità di dover scegliere tra la raffinata irrilevanza della fisiologia contemporanea e la precedente impraticabile rilevanza freudiana.

Esiste comunque un'altra prospettiva ancora, che rende la situazione attuale particolarmente favorevole al rinnovamento degli sforzi volti a perfezionare il modello freudiano del sogno come processo cognitivo. Dal 1900 ad oggi in branche affini della scienza relativa al comportamento simbolico si sono sviluppati dei sistemi teorici che possono 'fiancheggiare' validamente la psicologia del sogno. Le conoscenze che si sono prodotte in queste discipline, conoscenze di cui non disponevano né Freud né gli studiosi classici del sogno, potrebbero dimostrarsi senz'altro utili per una rinnovata formulazione cognitiva della psicologia del sogno.

Per ricordare solo le più note di queste fonti (che, assieme ad altre, sono ampiamente trattate nella terza parte del *Foulkes, 1978*) segnaliamo: un approccio sperimentale sistematico al problema cognitivo (psicologia cognitiva; ad esempio *Neisser, 1967, 1976*; *Norman, 1969, 1976; Posner, 1973*; *Klatzky, 1975*; *Baddeley, 1976*; *Crowder, 1976*), oltre ai ben noti tentativi di caratterizzare la natura dell'immagazzinamento semantico a lungo termine (ad esempio, *Tulving, 1972*; *Anderson* e *Bower, 1973*; *Frederiksen, 1975*; *Anderson, 1976*); modelli sistematici inerenti l'ontogenesi delle strutture e delle operazioni cognitive (ad esempio *Flavell, 1963*; *Piaget* e *Inhelder, 1966*; *Phillips, 1975*); modelli complessi della competenza linguistica (*Chomsky, 1957, 1965, 1972, 1975*); una disciplina sperimentale, la 'psicolinguistica', che studia l'acquisizione e l'uso del sistema simbolico che domina durante lo stato vigile (ad esempio *Slobin, 1971*; *Green, 1972*; *Fodor, Bever* e *Garrett, 1974*; *Clark* e *Clark, 1977*); e un rinnovato interesse per definire la natura e la funzione delle immagini durante la veglia (ad esempio, *Sheehan, 1972, Neisser* e *Kerr, 1973*; *Pylyshyn, 1973*; *Kosslyn* e *Pomerantz, 1977*). Nella misura in cui il sogno condivide con il comportamento simbolico rilevabile durante la veglia strutture e modi di operare (e la recente scoperta della fase REM suggerisce che ciò avviene in misura rilevante[1]), queste fonti assumono una importanza determinante.

Attualmente un approccio scientificamente corretto al sogno dovrebbe almeno tener conto delle scoperte più significative fatte da queste altre discipline. Secondo un punto di vista meno tradizionale tali fonti possono, in realtà, delineare una forma d'approccio più fecondo di quello adottato dalle fonti cliniche che storicamente hanno guidato la ricerca sperimentale sul sogno. Per questo motivo, benché la teoria del sogno abbia sempre affermato a parole che « il sogno è pensiero », specialmente dopo l'avvento della psicologia analitica dell'Io (*Hartmann, 1939*; si veda in modo particolare, per le sue implicazioni sul sogno: *Erikson, 1954*, e *Hall, 1953a, 1953b* e *1953c*), per questo motivo, dicevamo, la psicologia del sogno ha sempre fatto un uso poco sistematico delle scoperte o dei concetti derivati dalle ricerche sperimentali o dalle teorie formali emerse da studi approfonditi sull'attività psichica durante lo stato vigile (cfr. *Edelson, 1972*). Facciamo ora, concisamente, alcuni confronti generali tra comportamenti simbolici presenti durante il sonno e durante la veglia, e fra il modello cognitivo del sogno elaborato da Freud e i modelli più recenti di spiegazione dell'attività psichica vigile.

SOGNO COME LINGUAGGIO - II

Come abbiamo già visto, uno dei paradossi dalla fenomenologia del sogno consiste nella presenza, gli uni accanto agli altri, di elementi logici e illogici. Compaiono immagini che sono del tutto bizzarre se vengono osservate secondo i criteri propri dello stato vigile. Inoltre queste immagini sono tenute in-

sieme da un copione la cui organizzazione drammatica sembra oltrepassare ogni aspettativa, anche la più volonterosa e diligente, di cui è capace la nostra mente durante la veglia. *Dostojevskij* (*1866*) nota, a proposito di certi sogni 'morbosi', che essi « si distinguono spesso per una non comune concretezza ed evidenza e perché rassomigliano in modo straordinario alla realtà. Il quadro che si svolge è talora mostruoso, ma l'ambiente e l'intero processo della rappresentazione sono intanto così verosimili e ricchi di così minuti particolari, inattesi, ma artisticamente appropriati a tutto l'insieme del quadro, che chi sogna non li potrebbe inventare da sveglio, fosse pure un artista come Puškin o Turgenev » (p. 67). La tecnica d'indagine più importante della psicologia freudiana del sogno, quella delle associazioni libere, è un metodo che permette di attribuire un significato alle immagini isolate, anomale dal punto di vista semantico. Questa tecnica, comunque, non è generalmente in grado di risolvere l'altro grande enigma presente nel sogno: quella 'delicata' capacità creativa dei suoi 'scenari' descritta da Dostojevskij. Freud individuò, ma non risolse, questo problema postulando un insieme di processi (l'elaborazione secondaria) che svolgono il lavoro onirico propriamente detto (che non potrebbe cioè essere definito operativamente applicando all'inverso il procedimento delle associazioni libere). L'elaborazione secondaria « tura le lacune esistenti nella struttura del sogno ... Il suo sforzo fa sì che il sogno perda l'apparenza dell'assurdità e dell'incoerenza e si avvicini al modello di un'esperienza comprensibile » (*Freud, 1900*). I processi che per Freud costituiscono l'elaborazione secondaria non operano, come appare evidente, soltanto durante il sogno: sono anzi presenti in maniera dominante proprio durante la veglia (*Bartlett, 1932*). Probabilmente è questa la vera ragione per cui l'elaborazione secondaria si configura come un ripensamento di Freud sulla sua teoria complessiva ed è la vera ragione per cui tale teoria non è il punto di partenza per spiegare e la struttura sintattica e la struttura narrativa di ordine superiore del sogno. La complessa organizzazione drammatica del sogno è rimasta così quella sorta di mistero che era stato descritto da Dostojevskij.
L'organizzazione seriale dell'attività psichica durante il sogno si contrappone energicamente a ogni 'spiegazione' del sogno inteso come un processo casuale. Come intuì Freud, dobbiamo pensare al sogno come a « qualcosa di composito, come a un conglomerato di formazioni psichiche » (*1900*, p. 106). Sembra inutile cercare di spiegare l'aspetto narrativo del sogno per mezzo delle teorie comportamentiste. In particolare, ciò che ci sorprende a proposito dei nostri sogni è che quasi sempre il loro contenuto non lo avevamo mai pensato prima.

A questo punto, si può tracciare un parallelo più approfondito fra sogno e linguaggio. Come Chomsky ci ha insegnato in modo così convincente, anche il linguaggio presenta una tale capacità innovativa di espressione o, per usare la terminologia chomskiana, di generatività. Noi diciamo in continuazione cose che non abbiamo mai detto né udito prima. L'uso del linguaggio non trova una spiegazione convincente in un processo storico in cui l'esercizio ha rinforzato le singole unità verbali; il linguaggio è creativo. L'unica spiegazione ragionevole di questo fenomeno, sottolinea Chomsky, consiste nel considerare il linguaggio come un sistema. Dobbiamo, cioè, immaginare un insieme finito di regole sottostanti che formano la base delle nostre competenze linguistiche. Le espressioni grammaticali trovano la loro spiegazione nella permutazione e combinazione di queste regole. La unità esplicativa della psicologia del linguaggio non è il singolo elemento del comportamento verbale, acquisito separatamente e poi conservato, ma piuttosto il *sistema delle regole* che organizzano i diversi fattori del comportamento verbale. Tale sistema di regole è la *grammatica* di una lingua.
Da questo punto di vista anche l'infinita creatività delle immagini oniriche può risultare non più (o non meno) miracolosa di quella del linguaggio. Non potremo mai

arrivare a comprendere questo fenomeno finché pensiamo al sognatore come a un fascio di tendenze abitudinarie verbali e visive manipolato da diverse circostanze ambientali che agiscono come rinforzi. Se invece attribuiamo al sognatore un insieme di regole strutturali e trasformazionali, se gli attribuiamo cioè 'competenze grammaticali', in questo caso, allora, le 'articolazioni' del sogno possono diventare comprensibili proprio come lo sono quelle del discorso. Questa convergenza comporta una serie di implicazioni importanti.

Innanzi tutto, il compito principale della psicologia del sogno dovrebbe essere quello di fornire una spiegazione dettagliata di una 'grammatica' del sogno (*Foulkes, 1978*). Sia chi effettua ricerche sui sogni sia chi li interpreta col metodo clinico, ne ha generalmente ignorato l'organizzazione sintattica. I sistemi più obiettivi di registrazione dei sogni, le scale di classificazione (*Hauri, Sawyer* e *Rechtschaffen, 1967*) e le tecniche di analisi dei contenuti (*Hall* e *Van de Castle, 1966*) considerano il testo onirico come un aggregato a sé stante di frammenti semantici e non come una struttura narrativa. Inoltre la maggior parte di coloro che per professione interpretano i sogni, sia che li 'traducano' ricorrendo a propri procedimenti lessicali precostituiti, sia che interpretino i procedimenti lessicali del sognatore per mezzo delle associazioni libere, considerano questi procedimenti come indizi semantici distinti dalla personalità del sognatore e dalla sua struttura motivazionale. Vale a dire che anche l'interpretazione clinica del sogno si affida in larga misura a traduzioni di ogni singolo simbolo tendendo a ignorare la struttura innata in cui sono situate le immagini particolari e da cui sono tenute insieme come unità tematiche.

Secondo, in una grammatica del sogno occorre distinguere tra le realizzazioni di superficie, da un lato, e le sottostanti regole e strutture dall'altro. Freud è stato, io credo, l'unico fra gli studiosi classici del sogno a cogliere perfettamente l'esigenza di una spiegazione grammaticale della psicologia del sogno. Nel capitolo V dell'*Interpretazione dei sogni* egli tentò, in maniera alquanto forzata, di descrivere dettagliatamente la natura della struttura profonda in atto durante il sonno (la sua ipotesi era che si trattasse di strutture legate a desideri, di solito desideri sessuali infantili). Nel capitolo VI, più brillante e concepito secondo criteri più empirici, Freud cercò di descrivere dettagliatamente le regole trasformazionali (i meccanismi del 'lavoro onirico') che agiscono sulla struttura di base in modo da generare i contenuti del sogno manifesto. In questo contesto la forma che assume il modello elaborato da Freud per spiegare il sogno è del tutto coerente sia con i modelli sviluppati dalle scienze che attualmente studiano i processi cognitivi della veglia, sia con l'esigenza di una spiegazione grammaticale degli eventi che succedono durante il sonno. È interessante notare che le teorie dei due studiosi più significativi, Chomsky e Freud, quando prendono in considerazione i due aspetti più creativi della 'vita quotidiana', il linguaggio e il sogno, convergono su di un modello esplicativo a due stadi, con un sistema di regole di base che generano le strutture sottostanti e un sistema di regole trasformazionali che convertono queste strutture più profonde in realizzazioni di superficie.

Terzo, l'ipotesi è la seguente: le caratteristiche strutturali delle immagini stesse assumono un significato relativamente superficiale rispetto alla produzione dei sogni, come avviene per la fonologia nei confronti della produzione delle frasi. La tendenza a considerare il sogno come un problema 'percettivo' si è notevolmente rafforzata presso gli odierni ricercatori del sogno, in seguito alla scoperta che i sogni vivaci, costituiti da immagini vivide visive, erano caratterizzati dalla comparsa di REM (*Aserinsky* e *Kleitman, 1953*) e che questi REM erano preceduti, almeno in alcuni casi, da scariche elettriche provenienti dal ponte le quali, passando attraverso il corpo geniculato laterale e la corteccia occipitale, salivano verso il sistema visivo (*Bizzi* e *Brooks, 1963*). In questo contesto sembra talvolta che si possa trovare la spiegazione dei con-

tenuti onirici esaminando il sistema sensoriale elettrofisiologico. Questo punto di vista mi sembra sbagliato per almeno due motivi: perché fa confusione tra livelli fisici e psichici di spiegazione e perché concentra l'attenzione sulle realizzazioni di superficie invece che sulle strutture sottostanti. La scoperta di correlati centrali e periferici del processo di articolazione, ad esempio, non dovrebbe impedire una spiegazione simbolica del sistema che sottende l'espressione linguistica, così come la scoperta dei correlati centrali e periferici della produzione notturna di immagini non dovrebbe impedire una spiegazione simbolica della più profonda struttura cognitiva del sogno. *Hobson* e *McCarley* (*1977*) sembrano pensare che le immagini oniriche possono essere spiegate per mezzo di 'eccitazioni oculomotorie'. Ma ciò equivale esattamente al tentativo di spiegare il sistema del linguaggio umano ricorrendo alla fisiologia dei meccanismi articolatori. Nel migliore dei casi in questo modo si descrive soltanto la base fisica di un mezzo attraverso il quale un processo simbolico produce una rappresentazione. Gli aspetti percettivi e quelli relativi alla messa in scena onirica, così come gli aspetti fonetici del discorso, debbono essere considerati come caratteristiche della realizzazione di superficie e non come caratteristiche dell'organizzazione sottostante.

Quarto, si deve ipotizzare inoltre che, nel caso del sogno, così come nel discorso, sarà possibile riconoscere gli elementi costitutivi che sono soggetti a regole di formazione e trasformazione. La struttura narrativa ragionevolmente coerente del sogno suggerisce la presenza di elementi costitutivi ricorrenti del tutto simili a quelli presenti nelle narrazioni esplicitamente verbali. Anche le immagini stesse del sogno sembrano soggette a un'analisi immediatamente costitutiva. La mia ipotesi (*Foulkes, 1978*) è la seguente: la struttura che tiene insieme le immagini è simile a quella delle frasi verbali. Nella lingua parlata le frasi hanno rapporti consequenziali e necessari con le proposizioni successive, mentre nel linguaggio inconscio le immagini possono coesistere simultaneamente con altre espressioni visive. Ma la struttura dei due linguaggi può essere formalmente equivalente pur nella apparente diversità. Quando parlo, posso dire che 'odio' X; quando sogno mi rappresento mentre lo aggredisco. Quando parlo posso dire che X 'assomiglia' a Y; quando sogno rappresento X accanto a Y. È possibile cioè separare, come elementi costitutivi presenti nelle immagini, termini di relazione ('verbi' o 'espressioni verbali') e termini messi in tal modo in relazione ('nomi' o 'espressioni nominali'). La stessa cosa vale per i *resoconti* di immagini che costituiscono il dato fondamentale della psicologia del sogno.

A questo proposito, è interessante notare la relativa facilità che mostriamo nel tradurre in parole i nostri sogni (*Rechtschaffen, 1975a*). Noi abbiamo per troppo tempo, credo, fissato la nostra attenzione su quella esigua minoranza di resoconti onirici (forse neppure resoconti di sogni REM; ma a questo proposito si veda più avanti) in cui era difficile trovare gli equivalenti verbali di immagini sensoriali e abbiamo invece ignorato che nella schiacciante maggioranza di tali resoconti la 'traduzione' veniva effettuata con relativa facilità. Sotto questo aspetto, al contrario di coloro che insistono nell'affermare che i sogni sono, dal punto di vista qualitativo, soltanto degli 'stati alterati di coscienza', non siamo riusciti a valutare come le unità e le sequenze narrative dei sogni siano in realtà 'lineari'. Ad ogni modo attualmente sembra più utile soffermarsi sulle somiglianze strutturali, assai rilevanti, esistenti fra sogno e linguaggio, invece di fissare la nostra attenzione sulle scarse caratteristiche fenomenologiche che i sogni sembrano avere in comune con quegli stati mentali, così poco conosciuti e relativamente esotici, che vengono più propriamente definiti come 'stati alterati della coscienza' (*Tart, 1969, 1975*). Certamente il più importante contributo dato da Freud alla psicologia del sogno può essere riassunto esattamente in questo modo: egli ci ha dimostrato che, al di là delle caratteristiche superficiali, i sogni sono costituiti, proprio

come avviene solitamente per il pensiero o per il linguaggio, dalla stessa analisi strutturale profonda alla quale vanno sottoposti. *Quinto*, se il sogno e il linguaggio consentono analisi immediatamente costitutive equivalenti, allora molto probabilmente le loro strutture più profonde hanno in comune gli stessi elementi costitutivi. Sarebbe certamente dispersivo fare altre ipotesi. In verità abbiamo alcune prove sorprendenti relative all'identità delle strutture sottostanti in entrambi i casi, prove la cui forza d'urto non è stata ancora valutata per costruire i modelli dei sogni. Esiste un'osservazione degna di nota fatta, indipendentemente gli uni dagli altri, da più osservatori (*Anan'ev, 1960*, citato da *Jakobson, 1973*; *Farrell, 1969*, p. 90; *Moss, 1972*) che rieducavano degli afasici al linguaggio. Secondo tale osservazione gli afasici, finché erano gravemente menomati nella capacità di parlare, non avevano esperienze oniriche. L'osservazione è molto interessante nel caso di C. Scott Moss, uno psicologo del sogno che aveva subìto un grave trauma. Egli riferisce, in relazione ai quattro mesi che seguirono l'incidente:

« Non ricordai un solo sogno. Ciò mi colpì come un fatto curioso, poiché per anni mi ero interessato allo studio e al significato dei sogni; il colpo che avevo subito, comunque, comprometteva chiaramente sia la capacità di sognare sia quella di ricordare i sogni. Restavo coricato ogni notte e dormivo per sette o otto ore ininterrottamente. Era come se durante la giornata non avessi parole per esprimere che cosa stava succedendo e durante la notte non facessi alcun sogno. C'era un vuoto completo e totale di linguaggio interiore ... » (p. 9).

Sembra più probabile che si trattasse di un'incapacità di sognare piuttosto che di un'incapacità di ricordare i sogni. Infatti Moss continua:

« Ancora oggi ricordo molti avvenimenti successi quando ero sveglio durante il periodo in cui mi trovavo in ospedale e nei primi mesi non trovavo le parole per descrivere questi avvenimenti neppure a me stesso, ma, contemporaneamente, non ricordo di aver sognato affatto in quei quattro mesi » (*ibid.*).

L'impressione di Moss, che egli mi comunicò in uno scambio di corrispondenza privata, era la seguente: « Durante il sonno c'era un'assenza totale di immagini percettive ». Naturalmente si tratta di una scoperta che richiede di essere confermata per mezzo di una metodologia basata sulle tecniche che rilevano i movimenti oculari rapidi, poiché i resoconti spontanei di 'assenza di sogni' non debbono necessariamente concordare con le valutazioni ottenute in laboratorio sull'incidenza dei contenuti onirici che vengono riferiti (*Goodenough, Shapiro, Holden* e *Steinschriber, 1959*). Ma il ripetersi in modo indipendente nella stessa circostanza della stessa eccezionale asserzione suggerisce evidentemente che le strutture le quali regolano il linguaggio interiore (e quello esteriore) sono identiche alle strutture che regolano il sogno.

Sesto, se esiste, in realtà, una 'grammatica' del sogno, dovrebbe essere possibile circoscrivere un insieme di sogni 'grammaticalmente accettabili'. La diversità che esiste nell'espressione di superficie dei sogni, cioè, dovrebbe essere delimitata dal loro adeguarsi a un insieme di regole sottostanti. Io penso, in verità, che tale delimitazione sia possibile, almeno per i sogni fatti da soggetti normali durante il sonno REM. La natura di questa delimitazione può essere suggerita dalle informazioni che possediamo sui sogni degli schizofrenici durante il sonno REM (*Dement, 1955*) e sui sogni dei soggetti normali durante l'addormentamento, laddove è presente in modo palese un'attività psichica e il sonno REM è assente (*Vogel, Foulkes* e *Trosman, 1966*). In entrambi i casi i ricercatori del sonno hanno notato la comparsa di manifestazioni di quello che è stato chiamato un 'io destrutturalizzato' (*ibid.*). Queste manifestazioni di superficie comprendono: *difetti di struttura narrativa*, quando cioè non esistono relazioni sensibili tra una immagine e la seguente (ad esempio, io mi vedo in aeroplano e poi segue l'immagine di un uomo che solleva una pianta interrata in un vaso); oppure *difetti nella formazione delle*

immagini, quando cioè un'immagine è priva di una struttura propositiva coerente (nessuna cosa è in relazione con un'altra); ad esempio, mi si forma l'immagine di un oggetto semplicemente 'sospeso nello spazio'. Ora l'informazione contenuta in questa osservazione è che si tratta, se mai, di fenomeni rari per dei soggetti normali durante il sonno REM, durante cioè il periodo in cui facciamo i nostri sogni più caratteristici. Ciò suggerisce che tali manifestazioni di logica inter- o intra- proposizionale imperfetta debbono essere considerate come casi difettosi, vale a dire che esse contengono in qualche modo degli errori di grammatica, così come avviene talvolta per il nostro linguaggio che può assumere forme sgrammaticate quando siamo stanchi, ubriachi o distratti.

IL SOGNO COME ATTIVITÀ COGNITIVA - III

Finora ho fissato la mia attenzione sulle implicazioni che la teoria linguistica comporta nei confronti di un modello cognitivo del sogno elaborato a partire da quello freudiano, da un modello cioè che interpreta i sogni per mezzo dei dati forniti dalle associazioni libere. Le ricerche e le elaborazioni teoriche più recenti della psicologia cognitiva possono fornire alla costruzione di tale modello numerosi contributi ancora più rilevanti.

La psicologia cognitiva è il tentativo sistematico di cogliere le caratteristiche delle strutture e dei processi attraverso i quali gli uomini elaborano gli *inputs* sensoriali. Non si serve del metodo introspettivo, ma di esperimenti controllati i cui procedimenti implicano una certa struttura o processo. Il contributo di maggior rilievo è stato l'individuazione di diverse forme in cui avvengono le rappresentazioni psichiche e si diversi livelli in cui tali rappresentazioni si formano.

Il modello freudiano di spiegazione dei sogni, basato sulle associazioni libere, formula alcune ipotesi sui processi di informazione presenti durante la veglia. Freud applicò tali ipotesi al modello del sogno e affermò che, quando si sogna, il grafico relativo al flusso delle informazioni caratteristico della veglia deve essere pensato come invertito di direzione; il sognatore cioè invece di convogliare i dati sensoriali verso un immagazzinamento a lungo termine, trasforma i vecchi ricordi in immagini che assumono la forma di percezioni. La psicologia cognitiva contemporanea diviene a questo punto rilevante perché elabora proprio quei modelli relativi ai processi dello stato vigile che Freud immaginò come rovesciati durante il sonno. Le scoperte e i modelli della psicologia cognitiva non sono naturalmente privi di qualche ambiguità. Come accade più in generale nella psicologia sperimentale, anche nella psicologia cognitiva esistono controversie sia sui dati stessi sia sulla loro interpretazione. Tuttavia, per l'elaborazione di modelli onirici questo campo d'indagine nel suo complesso dovrebbe offrire basi molto più solide di quelle disponibili al tempo di Freud. Da questo punto di vista i dati e i modelli della psicologia cognitiva non sono, credo, in contrasto con il modello di Freud, ma ne chiariscono e ne estendono le implicazioni. Più precisamente: 1) la psicologia cognitiva pone spesso l'accento sulla natura costruttiva, generativa di *tutto* il processo percettivo e, quindi, sulla somiglianza esistente tra la costruzione delle immagini che si formano a partire dagli *inputs* sensoriali e quella delle immagini provenienti dall'immagazzinamento a lungo termine (*Neisser, 1967, 1976*). Entrambe superano i confini della fisiologia sensoriale, entrambe richiedono la modellazione della mente; e l'analisi dei principi costruttivi dell'un caso può probabilmente generalizzarsi all'altro. È interessante, sotto questo aspetto, notare come la continuità 'narrativa' della percezione nel tempo richieda di essere spiegata analogamente alla continuità narrativa dei sogni. Si può ipotizzare che, qualunque sia lo schema che guida la percezione, esso possa essere attivato sia da immagazzinamenti a lungo termine sia da *inputs* sensoriali. Un modello dell'immagine onirica che richieda una re-

gressione topografica è quindi abbastanza plausibile.

2) Le ricerche di psicologia cognitiva fanno anche ritenere che, a metà tra i cosiddetti 'registri sensoriali' e l'immagazzinamento a lungo termine, la codificazione tenda ad essere acustica e l'elaborazione verbale. Ad esempio, nel loro 'Modello di memoria associativa dell'uomo' *Anderson* e *Bower* (*1973*) immaginano un analizzatore intermedio delle immagini che traduce le immagini stesse in forma proposizionale per la loro codificazione mnemonica a lungo termine. Tale analizzatore potrebbe essere topograficamente regredito, sì che le proposizioni sarebbero codificate come immagini. Più in generale i cosiddetti processi mnemonici 'a breve termine', che mediano la percezione e la memoria a lungo termine, sembrano consistere principalmente nel processo di riattivazione verbale.

3) La teoria cognitiva indica come nell'immagazzinamento a lungo termine predominino strategie semantiche e ha cominciato a formulare delle ipotesi su alcune di tali strategie. *Anderson* e *Bower* (*1973*) pensano a una dicotomia tra ramificazioni di *fatto* e di *contesto* nell'ambito delle proposizioni destinate all'immagazzinamento a lungo termine. *Tulving* (*1972*) distingue tra memoria episodica (immagazzinamento di informazioni relative a eventi importanti per il soggetto e ordinati cronologicamente) e memoria *semantica* (organizzazione, spesso di natura gerarchica, delle nostre conoscenze su parole e oggetti; ad esempio, la 'pesca' è un 'frutto'). *Frederiksen* (*1975*) distingue tra rappresentazioni di *eventi* e rappresentazioni di *stati*. Dati neuropsicologici (ad esempio, *Luria, 1973*) fanno ritenere che l'impiego dell'informazione relativa a eventi (*A* ha colpito *B*) possa essere corretto (quando gli analizzatori sensoriali 'terziari' sono lesi) mentre quello dell'informazione relativa a stati (*A* è sotto *B*) è difettoso. In effetti Luria parla di «forme di costruzione grammaticale» distinguibili dal punto di vista neurofisiologico. Riportiamo qui di seguito alcune implicazioni che si potrebbero desumere a proposito della psicologia del sogno qualora un modello di elaborazione dell'informazione valido anche durante la veglia, secondo le linee sopra indicate, dovesse subire una 'regressione topografica' per spiegare il sogno.

Primo, una delle proprietà peculiari del sogno è che «il soggetto non mette più in correlazione ciò che sta avvenendo con i ricordi della sua vita passata e quotidiana, sì che il sogno è 'discontinuo' rispetto al resto della sua esperienza» (*Green, 1968*, p. 15).

Rechtschaffen (*1975b*) ha rilevato anch'egli questa 'mancanza di riflessione' della coscienza onirica. Se tuttavia immaginiamo che i processi verbali, la cui funzione ordinaria è di 'interpretare' le rappresentazioni visive, siano 'gravati' durante il sogno dal compito di 'crearle', la mancanza di riflessione critica durante il sogno risulta forse più comprensibile. È interessante notare che la riflessione critica può essere, almeno momentaneamente, sospesa anche durante la veglia quando si ha una rapida produzione di narrazioni visive provenienti dall'accumulazione (*Foulkes* e *Fleisher, 1975*).

Secondo, come Freud notò fin dal 1900, un'altra peculiarità del pensiero onirico è la sua tendenza a echeggiare associazioni, inversioni semantiche, giochi di parole e altre forme di virtuosismo 'verbale.' Se immaginiamo che processi di memoria attiva influenzati acusticamente caratterizzino il generatore onirico che precede immediatamente l'immagine, allora anche questi fatti cominciano ad avere un senso. Più in generale, se la formazione delle immagini oniriche dipende dai processi propri del linguaggio interiore, allora 1) sembra possibile costruire una grammatica delle immagini oniriche analoga a quella verbale; 2) riusciamo a comprendere perché di solito le immagini oniriche sono così facilmente 'riconvertibili' in racconti verbali; 3) possiamo capire perché i pazienti con turbe del linguaggio interiore presentano anche turbe del sogno.

Terzo, come notò anche Freud, un'altra sconcertante caratteristica dei sogni è la

facilità con cui essi vengono dimenticati. Ora che sappiamo quanto sia intensa l'attività onirica lo sconcerto aumenta. Dimenticare i sogni è un processo così abituale (*Wolpert* e *Trosman, 1959*) che non sembra plausibile spiegarlo, come fece Freud, mediante un meccanismo legato ai contenuti onirici quale la rimozione, meccanismo di cui, fra l'altro, non si hanno prove convincenti. Partendo dall'elaborazione dell'informazione possiamo invece pensare che i processi di riattivazione della memoria a breve termine siano, ancora una volta, così impegnati nel compito dell'organizzazione creativa e seriale dei sogni, da essere inattendibili come mediatori del passaggio dei prodotti creativi verso l'immagazzinamento a lungo termine. Quando ricordiamo i risultati creativi raggiunti dal sogno 'normale' (si veda la seconda citazione di Dostojevskij riportata più sopra) non sembra azzardato pensare che l'atto stesso della creazione onirica gravi pesantemente sui meccanismi della memoria attiva.

A questo proposito le ricerche sovietiche propongono un possibile modello dei meccanismi che presiedono il processo attraverso cui i sogni vengono dimenticati. Quando l'apparato articolatorio e i sistemi centrali di elaborazione del linguaggio dei soggetti sono sperimentalmente impegnati in compiti estranei, si ha, in relazione all'importanza del compito, un'amnesia totale o intermittente degli *inputs* sensoriali di origine esterna (*Sokolov, 1972*). Si deve naturalmente immaginare che vi sia una *certa* riattivazione delle immagini oniriche precedenti durante la creazione di una narrazione onirica, altrimenti questa non avrebbe luogo. Il punto di fondo tuttavia è che la riattivazione necessaria a tale creazione può non essere sufficiente per un efficace immagazzinamento a lungo termine della narrazione stessa. Questa ipotesi fa ritenere che le spiegazioni 'in dipendenza dallo stato' dell'amnesia per i sogni REM siano incomplete — nella misura in cui, quanto meno, gli stati in questione sono riconosciuti come tali dal punto di vista psico-fisiologico. L'amnesia può essere 'in dipendenza dall'atto'. Si potrebbe cioè dimostrare che le narrazioni *proprie dello stato di veglia*, create tanto rapidamente da essere 'automatiche', sono anche esse soggette a parziale amnesia. Credo che queste implicazioni siano di importanza abbastanza generale, per quanto riguarda la comprensione e la spiegazione delle proprietà fenomenologiche dei sogni, da dimostrare la validità di un modello del sogno conforme alle osservazioni e alle formulazioni della psicologia contemporanea. Io credo che si possa elaborare un modello siffatto seguendo le linee di quello freudiano di interpretazione e spiegazione dei sogni, sulla base delle associazioni libere. Tale modello, almeno nella sua forma più operativa (*1900*, cap. VI), si fonda su dati del tutto simbolici (i resoconti verbali) e del tutto simbolici sono anche i risultati ottenuti su tale base. Freud vide i pensieri onirici sottostanti come « un complesso di pensieri e di ricordi, di intricatissima struttura, *con tutte le caratteristiche delle successioni d'idee che ci sono note dalla veglia* » (*1900*, p. 287, corsivo mio). Egli riteneva che, durante il sonno, « il lavoro onirico procedesse attraverso un'adeguata *trasformazione linguistica* » (*1900*, p. 313, corsivo mio) di tali pensieri.

I meccanismi del lavoro onirico sono, nella loro essenza, *processi del linguaggio interiore*. Infine Freud intese il sogno manifesto come un sogno i cui caratteri debbono essere letti più per la loro « *relazione simbolica* » che per il loro « *valore d'immagini* » (*1900*, p. 277, corsivo mio).

Sembra che esistano già punti di specifica convergenza tra il modello freudiano e le ricerche contemporanee di psicologia cognitiva. Freud riteneva che le immagini oniriche dovessero derivare da strutture e processi costruiti con parole. Egli nota che « non ci si deve meravigliare del ruolo svolto dalla parola nella formazione del sogno. [La parola ... è un] punto nodale di molteplici rappresentazioni » (*1900*, p. 313). Altrove egli nota ancora che « il lavoro onirico teme la fatica di trasfondere, in un primo tempo, il pensiero grezzo in un'altra forma linguistica ... purché renda possibile

la rappresentazione» (*1900*, p. 316). Del pari, egli sembrava consapevole del fatto che l'immagazzinamento semantico a lungo termine deve aver luogo in forme quantitativamente diverse. La sua distinzione tra esperienze personali, che chiama « pensieri onirici latenti », da un lato e, dall'altro, una rete semantica, o « tessuto connettivo », che lega tali pensieri sia l'uno all'altro sia al sogno, fa in qualche modo pensare alla dicotomia fra episodico e semantico e fra evento e stato esistenti attualmente nella teoria della memoria semantica. Altri parallelismi di questo tipo si faranno certamente manifesti man mano che si presterà più attenzione alla traduzione operativa del modello esplicativo elaborato da Freud. È importante notare che tali parallelismi possono arricchire non solo la psicologia del sogno, con le recenti scoperte sperimentali sulla mente durante la veglia, ma anche la psicologia cognitiva con i dati sul sogno e sui modelli psichici freudiani che ha così a lungo attentamente evitati.

IL SOGNO COME FORMAZIONE DEL SINTOMO - IV

È precisamente a questo punto che occorre considerare quella che appare come una sostanziale differenza tra la teoria del sogno elaborata da Freud e le ricerche più recenti della psicolinguistica e della psicologia cognitiva. È possibile una traduzione *linguistica* o *cognitiva* del modello freudiano di spiegazione del sogno dal momento che Freud pone l'accento sul primato delle *motivazioni* nella formazione del sogno, mentre sia la tradizione linguistica chomskiana sia la psicologia cognitiva contemporanea prestano relativo interesse all'individuazione e allo studio antropologico delle motivazioni? Uno dei punti più deboli delle ricerche fatte in questi ultimi tempi dagli studiosi del comportamento semantico è, per generale ammissione, il relativo disinteresse dimostrato nei confronti della motivazione. Per questo *Chomsky* (*1972*) ritiene che sarebbe « assurdo » considerare il suo modello di « competenza » come un modello di attività linguistica generativa. Anche *Neisser* (*1967*, p. 305) riconosce l'inadeguatezza dei « processi mentali superiori » che trascurano i fattori dinamici o motivazionali, ma la psicologia cognitiva ha fatto ben poco per raddrizzare questi squilibri.

Tra i problemi che storicamente hanno impedito l'integrazione del sogno nella psicologia cognitiva (il solo Neisser, tra gli studiosi più eminenti della psicologia cognitiva sperimentale, ha incluso il sogno fra gli elementi fondamentali di tale disciplina) vi è il modo peculiarmente non cognitivo in cui la teoria del sogno tende a esprimere le sue formulazioni motivazionali. Sfortunatamente questo ostacolo è particolarmente arduo proprio per quella teoria freudiana del sogno che per gli altri aspetti è così attuale nel suo approccio cognitivo al sogno. La teoria motivazionale di Freud offre un'ampia scelta di concetti modellati su quelli fisici o biologici, come energia psichica, libido, istinto, impulso, cathexis e contro-cathexis e così via. Come è possibile collocare questi concetti in un campo di rappresentazioni psichiche? Ovvero, come si può anche solo immaginare che essi interagiscano con categorie cognitive quali l'"immagine' o il 'pensiero'?

I recenti sviluppi della psicoanalisi (in particolare il sorgere del movimento della psicologia analitica dell'Io) hanno aperto la strada a una soluzione soddisfacente di questo problema. La teoria analitica ha cominciato a tagliar fuori sia quei tratti formali, psicologici e simbolici delle formulazioni motivazionali freudiane giustificate dai dati, sia la logica della spiegazione scientifica desunta da quegli aspetti riduttivi delle formulazioni stesse che Freud aggiunse, in modo gratuito, presumendo erroneamente che le connotazioni fisiche o biologiche avrebbero accresciuto la scientificità delle sue spiegazioni.

Nell'ambito del suo modello esplicativo del sogno è importante comprendere le origini delle connotazioni negative che Freud diede alle sue formulazioni motivazionali. Poiché era necessario ricondurre i sogni a istigatori sessuali, i punti di arrivo empirici dei pro-

tocolli delle associazioni libere dovevano essere tradotti in rappresentazioni di conflitti sessuali infantili e, per la propensione dimostrata da Freud per le spiegazioni quasi biologiche, derivante dalla sua estrazione scientifica e rafforzata — a suo parere almeno — dalle ricerche su pazienti isterici, tali fattori sessuali dovevano essere concepiti in termini istintivi. Se tuttavia omettiamo l'ultimo e gratuito passo che Freud fece nell'uso dei protocolli relativi alle associazioni libere, in cui il contenuto verbale/proposizionale viene tradotto in forma istintiva, è possibile esprimere teoricamente le motivazioni in forma simbolica o proposizionale invece di descriverli come entità bioenergetiche. Avremo allora formulazioni motivazionali 'freudiane' espresse in forma coordinata rispetto alle rappresentazioni psichiche su cui si suppone che esse agiscano e che le rende utili a quelle discipline cognitive il cui limite principale risiede nel fatto che non prendono in considerazione il 'perché' degli atti cognitivi (*Vygotskij, 1934*). Nella matrice delle associazioni libere potremmo così differenziare il contenuto proposizionale che riguarda le rappresentazioni *e* le motivazioni (ad esempio, « Io detesto mia madre ») dal contenuto che, nella stessa matrice, è legato alle sole rappresentazioni (ad esempio, « Mia madre vive in Francia »)[2]. Non dovremmo allora presumere che tutte le rappresentazioni siano motivazionali, ma solo che tutte le motivazioni riguardino le rappresentazioni (*Lacan, 1957*; *Leeper* e *Madison, 1959*). Le motivazioni e le emozioni sono simboliche; esse richiedono mappamondi che rappresentino il rapporto dell'Io con altre pietre miliari presenti nel suo spazio vitale o che definiscano l'universo in cui le azioni vengono progettate.

Questa concettualizzazione simbolica degli istigatori del sogno non è in contrasto con la descrizione fatta da Freud nel cap. VI dell'*Interpretazione dei sogni*. E, cosa abbastanza interessante, non è neppure incompatibile con le descrizioni del sintomo isterico da lui fatte in precedenza. Negli *Studi sull'isteria* (*Freud* e *Breuer, 1895*) apprendiamo che « *l'isterico soffrirebbe per lo più di reminescenze* » (p. 179). Il nocciolo dell'esposizione freudiana è che l'isteria non è un disturbo 'affettivo' o 'motivazionale', ma un disturbo legato alle rappresentazioni o ai sistemi simbolici (*Szasz, 1961*; *Edelson, 1971*). E, naturalmente, una descrizione simbolica delle motivazioni ha un senso anche dal punto di vista metodologico. L'"inconscio' di Freud è, nel caso del sogno, solo un'inferenza da due serie di comportamenti verbali, i resoconti dei sogni e le associazioni libere. I generatori inconsci dei sogni possono essere legittimamente proposti solo come compendi ipotetici o come organizzatori di queste produzioni verbali. Non sembra esistere un motivo valido *a priori* perché tali ipotetiche variabili causali debbano essere formulate in termini radicalmente diversi da quelli relativi ai dati che cercano di spiegare. Possiamo mantenere l'intuizione freudiana che le motivazioni le quali guidano il nostro comportamento — e i sogni — possono *essere* 'inconscie', cioè relativamente inaccessibili alla consapevolezza cosciente, senza postulare un altro campo ontologico in cui tali motivazioni 'risiedono' o un'altra 'forma' in cui esistono. La nozione di inconscio proposizionale o simbolico si può trovare anche nel trattamento dei 'meccanismi di difesa' di *Suppes* e *Warren* (*1975a*), nella simulazione mediante calcolatore, effettuata da Colby, dei meccanismi di difesa (*Colby* e *Gilbert, 1964*) e della paranoia (*Colby, 1975*) e nella riformulazione del linguaggio psicoanalitico fatta da *Gass* (*1975*). Questa stessa nozione si può trovare, fra molti altri autori, negli scritti di *Edelson* (*1972, 1975*) e di *Schafer* (*1973, 1975, 1976*).

Possiamo così riconoscere le somiglianze che Freud vide tra formazione del sogno e formazione del sintomo senza accettare, come conseguenza, il fatto che i sogni debbono essere relegati nella psicologia 'motivazionale' piuttosto che in quella 'cognitiva'. I paralleli indicano invece che la formazione del sintomo deve essere inclusa nell'ambito di una psicologia cognitiva più largamente intesa, che comprenda schemi motivazionali accanto a quelle rappresentazioni, relativa-

mente più fredde, che hanno definito i tradizionali confini della ricerca cognitiva.

CONCLUSIONI - V

Ho sostenuto che un'adeguata spiegazione dei fenomeni onirici deve in definitiva derivare da modelli le cui formulazioni siano di forma simbolica piuttosto che bioelettrica o neuroumorale. Ho poi avanzato l'ipotesi che la tecnica elaborata da Freud per spiegare i sogni mediante i dati raccolti dalle libere associazioni offra il modello più adeguato per procedere a tale spiegazione. Ho inoltre ipotizzato che il valore esplicativo del modello freudiano deve ancora essere analizzato rigorosamente o empiricamente, ma che in via di principio o di fatto non vi è nulla che impedisca tali valutazioni. Poiché è essenzialmente di forma cognitiva e simbolica, tale modello può trar profitto dai recenti tentativi di caratterizzare i generatori del linguaggio — e del pensiero — propri della veglia. Non è incompatibile con questi altri modelli ma li integra in maniera tale da rendere più agevole il nostro cammino verso una comprensione unitaria delle più alte prestazioni simboliche fornite dal nostro apparato psichico.

McCarley e *Hobson* (*1977*) criticano i modelli cognitivi del sogno in quanto « astratti », « difficili da specificare nei dettagli » e « difficili da verificare » (p. 1220). Non è facile trovare un fondamento specifico all'accusa che tali modelli sono più lontani dai dati, o meno esatti e verificabili dei modelli fisiologici. È già stato dimostrato che il modello cognitivo qui descritto può essere regolarmente coordinato con particolari osservazioni sul sogno e che esso ha dato luogo a tecniche attendibili per lo studio empirico dei fenomeni onirici (*Foulkes, 1978*). Inoltre, solo un modello di questo tipo può affrontare i problemi che sono di interesse preminente per la psicologia del sogno e può chiarire quegli aspetti dell'esperienza onirica che continuano a sconcertare sia lo scienziato sia il profano.

D. F.

Traduzione: R. Tommasi Enriques - Bologna

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio Nancy H. Kerr per la lettura critica di questo articolo, che è stata di grande utilità.

NOTE E BIBLIOGRAFIA

1 Ad esempio ora sappiamo che i sogni sono meno bizzarri e più simili al pensiero vigile di quanto non fosse suggerito dagli studi clinici fondati sul ricordo spontaneo dei propri sogni da parte del soggetto o dalle teorie psicoanalitiche (ad esempio da *Snyder, 1970*; *Dorus, Dorus* e *Rechtschaffen, 1971*). Sappiamo anche che « quando è stato osservato qualche tipo di correlazione fra il pensiero presente durante il sonno e l'attività vigile, la personalità e la fantasia, si è rilevata generalmente una continuità fra i due stati » (*Foulkes* e *Vogel, 1974*, p. 13).

2 Una differenziazione di questo tipo è già stata effettuata (*Foulkes, Butler* e *Maykuth, 1978*).

Anderson, J. R., *Language, Memory, and Thought*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J., 1976.

Anderson, J. R., and Bower, G. H., *Human Associative Memory*, V. H. Winston, Washington, D. C., 1973.

Aserinsky, E., and Kleitman, N., *Regularly Occurring Periods of Eye Motility, and Concomitant Phenomena, During Sleep*, in Science, 118, (1953), pp. 273-274.

Baddeley, A. D., *The Psychology of Memory*, Basic Books, New York, 1976.

Bartlett, F. C., *Remembering*, Cambridge University Press, Cambridge (Eng.), 1932 (trad. it. *La memoria*, Angeli, Milano, 1974).

Bizzi, E., and Brooks, D. C., *Functional Connections between Pontine Reticular Formation and Lateral Geniculate Nucleus During Deep Sleep*, in Archives Italiennes de Biologie, 101 (1963), pp. 666-680.

Chomsky, N., *Syntactic Structures*, Mouton, The Hague, 1957 (trad. it. *La struttura della sintassi*, Laterza, Bari, 1970).

Chomsky, N., *Aspects of the Theory of Syntax*, M. I. T. Press, Cambridge (Mass.), 1965.

Chomsky, N., *Language and Mind* (enlarged ed.), Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1972 (trad. it. *Mente e linguaggio*, in *Saggi linguistici*, Vol. III, Boringhieri, Torino, 1969, pp. 131-245).

Chomsky, N., *Reflections on Language*, Pantheon, New York, 1975.

Clark, H. H., and Clark, E. V., *Psychology and Language: An Introduction to Psycholinguistics*, Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1977.

Colby, K. M., *Artificial Paranoia: A Computer Simulation of Paranoid Processes*, Pergamon, New York, 1975.

Colby, K. M., and Gilbert, J. P., *Programming a Computer Model of Neurosis*, in Journal of Mathematical Psychology, 1 (1964), pp. 405-417.

Crowder, R. G., *Principles of Learning and Memory*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J., 1976.

DEMENT, W., *Dream Recall and Eye Movements During Sleep in Schizophrenics and Normals*, in Journal of Nervous and Mental Disease, 122 (1955), pp. 263-269.

DORUS, E., DORUS, W., and RECHTSCHAFFEN, A., *The Incidence of Novelty in Dreams*, in Archives of General Psychiatry, 25 (1971), pp. 364-368.

DOSTOJEVSKIJ, F., *Delitto e castigo*, Einaudi, Torino, 1974 (1ª ed. orig. 1866).

DOSTOJEVSKIJ, F., *L'idiota*, Einaudi, Torino, 1976 (1ª ed. orig. 1869).

EDELSON, M., *The Idea of a Mental Illness*, Yale University Press, New Haven, 1971.

EDELSON, M., *Language and Dreams: The Interpretation of Dreams Revisited*, in *The Psychoanalytic Study of the Child*, 27 (1972), pp. 203-282.

EDELSON, M., *Language and Interpretation in Psychoanalysis*, Yale University Press, New Haven, 1975.

ERIKSON, E. H., *The Dream Specimen of Psychoanalysis*, in Journal of the American Psychoanalytic Association, 2 (1954), pp. 5-56.

FARRELL, B., *Pat and Roald*, Random House, New York, 1969.

FLAVELL, J. H., *The Developmental Psychology of Jean Piaget*, D. Van Nostrand, Princeton, N. J., 1963 (trad. it. *La mente dalla nascita all'adolescenza nel pensiero di Jean Piaget*, Astrolabio, Roma, 1971).

FODOR, J. A., BEVER, T. G., and GARRETT, M. F., *The Psychology of Language*, McGraw-Hill, New York, 1974.

FOULKES, D., *Dream Reports from Different Stages of Sleep*, in Journal of Abnormal and Social Psychology, 65 (1962), pp. 14-25.

FOULKES, D., *Longitudinal Studies of Dreams in Children*, in Science and Psychoanalysis, 19 (1971), pp. 48-71.

FOULKES, D., *A Grammar of Dreams*, Basic Books, New York, 1978.

FOULKES, D., BUTLER, S. F., and MAYKUTH, P. L., *Reliability of the Content Analysis*, in FOULKES, D., *A Grammar of Dreams*, Basic Books, New York, 1978.

FOULKES, D., and FLEISHER, S., *Mental Activity in Relaxed Wakefulness*, in Journal of Abnormal Psychology, 84 (1975), pp. 66-75.

FOULKES, D., and POPE, R., *PVE and SCE in Stage REM: a Modest Confirmation and an Extension*, in Perceptual and Motor Skills, 37 (1973), pp. 107-118.

FOULKES, D., SCOTT, E. A. and POPE, R., *The Tonic-phasic Strategy in Sleep-mentation Research: Correlates of theta Bursts at Sleep Onset and During Non-REM Sleep*, in Ricerche di Psicologia, in press (trad. it. *La strategia tonico-fasica nella ricerca sull'attività psichica durante il sonno: correlati delle scariche theta registrate dall'EEG nelle fasi di addormentamento o di sonno non-REM*, *ibid.*).

FOULKES, D., and VOGEL, G., *Mental Activity at Sleep Onset*, in Journal of Abnormal Psychology, 70 (1965), pp. 231-243.

FOULKES, D., and VOGEL, G., *The Current Status of Laboratory Dream Research*, in Psychiatric Annals, 4 (1974), (7), pp. 7-27.

FREDERIKSEN, C. H., *Representing Logical and Semantic Structure of Knowledge Acquired from Discourse*, in Cognitive Psychology, 7 (1975), pp. 371-458.

FREUD S., e BREUER, J., *Studi sull'isteria*, in *Opere*, Vol. I, Boringhieri, Torino, 1977, pp. 163-439 (1ª ed. orig. 1895).

FREUD, S., *Progetto di una psicologia*, in *Opere*, Vol. II, Boringhieri, Torino, 1977, pp. 195-284 (1ª ed. orig. 1895).

FREUD, S., *L'interpretazione dei sogni*, in *Opere*, Vol. III, Boringhieri, Torino, 1966, p. 603 (1ª ed. orig. 1900).

GASS, W., *The Scientific Psychology of Sigmund Freud*, in New York Review of Books, May 1 (1975), pp. 24-29.

GOODENOUGH, D. R., SHAPIRO, A., HOLDEN, M., and STEINSCHRIBER, L., *A Comparison of 'Dreamers' and 'Nondreamers': Eye Movements, Electroencephalograms, and the Recall of Dreams*, in Journal of Abnormal and Social Psychology, 59 (1959), pp. 295-302.

GREEN, C., *Lucid Dreams*, Hamish Hamilton, London, 1968.

GREENE, J., *Psycholinguistics: Chomsky and Psychology*, Penguin, Baltimore, 1972.

HALL, C. S., *A Cognitive Theory of Dreams* in Journal of General Psychology, 49 (1935), pp. 273-282. (*a*)

HALL, C. S., *A Cognitive Theory of Dream Symbols*, in Journal of General Psychology, 48 (1953), pp. 169-186. (*b*)

HALL, C. S., *The Meaning of Dreams*, Dell, New York, 1959 (orig. 1953). (*c*)

HALL, C. S., and VAN DE CASTLE, R. L., *The Content Analysis of Dreams*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1966.

HARTMANN, H., *Ego Psychology and the Problem of Adaptation*, International Universities Press, New York, 1958 (orig. 1939) (trad. it. *Psicologia dell'Io e problema dell'adattamento*, Boringhieri, Torino, 1966).

HAURI, P., SAWYER, J., and RECHTSCHAFFEN, A., *Dimensions of Dreaming: a Factored Scale for Rating Dream Reports*, in Journal of Abnormal Psychology, 72 (1967), pp. 16-22.

HOBSON, J. A., and MCCARLEY, R. W., *The Brain as a Dream State Generator: an Activation-synthesis Hypothesis of the Dream Process*, in American Journal of Psychiatry, 134 (1977), pp. 1335-1348.

JAKOBSON, J., *Toward a Linguistic Classification of Aphasic Impairments*, in H. GOODGLASS and S. BLUMSTEIN (eds.), *Phycholinguistics and Aphasia*, Johns Hopkins, Baltimore, 1973, pp. 29-47 (trad. it. *Verso una tipologia linguistica delle menomazioni afasiche*, in *Il farsi e il disfarsi del linguaggio*, Einaudi, Torino, 1971, pp. 143-167).

KLATZKY, R. L., *Human Memory: Structure and Processes*, W. H. Freeman, San Francisco, 1975.

KOSSLYN, S. M. and POMERANTZ, J. R., *Imagery, Propositions, and the Form of Internal Representations*, in Cognitive Psychology, 9 (1977), pp. 52-76.

LACAN, J., *The Insistence of the Letter in the Unconscious*, in Yale French Studies, No. 36-37 (1966), pp. 112-147 (orig. 1957).

LEEPER, R. W., and MADISON, P., *Toward Understanding Human Personalities*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1959.

LURIA, A. R., *The Working Brain: An Introduction to Neuropsychology*, Basic Books, New York, 1973 (trad. it. *Come lavora il cervello*, Il Mulino, Bologna, 1977).

MCCARLEY, R. W. and HOBSON, J. A., *The Neurobiological Origins of Psychoanalytic Dream Theory*, in American Journal of Psychiatry, 134 (1977), pp. 1211-1221.

MOLINARI, S., and FOULKES, D., *Tonic and Phasic Events During Sleep: Psychological Correlates and Implications*, in Perceptual and Motor Skills, 29 (1969), pp. 343-368.

MOSS, C. S., *Recovery with Aphasia: The Aftermath of My Stroke*, University of Illinois Press, Urbana, 1972.

NEISSER, U., *Cognitive Psychology*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1967 (trad. it. *Psicologia cognitiva*, Giunti-Martello, Firenze, 1975).

NEISSER, U., *Cognition and Reality*, W. H. Freeman, San Francisco, 1976.

NEISSER, U., and KERR, N., *Spatial and Mnemonic Properties of Visual Images*, in Cognitive Psychology, 5 (1973), pp. 138-150.

NORMAN, D. A., *Memory and Attention*, John Wiley, New York, 1969 (trad. it. *Memoria e attenzione*, Angeli, Milano, 1975).

NORMAN, D. A., *Memory and Attention*, 2nd edition, John Wiley, New York, 1976.

PHILLIPS, J. L., *The Origins of Intellect: Piaget's Theory*, 2nd ed., W. H. Freeman, San Francisco, 1975.

PIAGET, J., and INHELDER, B., *Mental Imagery in the Child*, Basic Books, New York, 1971 (orig. 1966) (trad. it. *L'immagine mentale nel bambino*, La Nuova Italia, Firenze, 1975).

POSNER, M. I., *Cognition: An Introduction*, Scott, Foresman, Glenview (Ill.), 1973.

PYLYSHYN, Z. W., *What the Mind's Eye Tells the Mind's Brain: A Critique of Mental Imagery*, in Psychological Bulletin, 80 (1973), pp. 1-24.

RECHTSCHAFFEN, A., *Scientific Method in the Study of Altered States of Consciousness with Illustrations from Sleep and Dream Research*, in *Altered States of Consciousness: Current Views and Research Problems*, Drug Abuse Council, Washington, D. C., 1975, pp. 135-191. (*a*)

RECHTSCHAFFEN, A., *The Single-mindedness and Isolation of Dreams*, Presented to Association for the Psychophysiological Study of Sleep, Edinburgh, 1975. (*b*)

SCHAFER, R., *Action: its Place in Psychoanalytic Interpretation and Theory*, in Annual of Psychoanalysis, 1 (1973), pp. 159-196.

SCHAFER, R., *Psychoanalysis without Psychodynamics*, in International Journal of Psychoanalysis, 56 (1975), pp. 41-55.

SCHAFER, R., *A New Language for Psychoanalysis*, Yale University Press, New Haven, 1976.

SHEEHAN, P. W. (ed.), *The Function and Nature of Imagery*, Academic Press, New York, 1972.

SLOBIN, D. I., *Psycholinguistics*, Scott, Foresman, Glenview (Ill.), 1971 (trad. it. *Psicolinguistica*, La Nuova Italia, Firenze, 1975).

SNYDER, F., *The Phenomenology of Dreaming*, in L. MADOW and L. H. SNOW (eds.), *The Psychodynamic Implications of the Physiological Studies on Dreams*, C. C. Thomas, Springfield (Ill.), 1970, pp. 124-151.

SOKOLOV, A. N., *Inner Speech and Thought*, Plenum, New York, 1975 (orig. 1972).

SUPPES, P., and WARREN, H., *On the Generation and Classification of Defence Mechanisms*, in International Journal of Psychoanalysis, 56 (1975), pp. 405-414.

SZASZ, T. S., *The Myth of Mental Illness*, Delta, New York, n.d. (orig. 1961) (trad. it. *Il mito della malattia mentale*, Feltrinelli, Milano, 1966).

TART, C. T. (ed.), *Altered States of Consciousness*, John Wiley, New York, 1969.

TART, C. T., *States of Consciousness*, E. P. Dutton, New York, 1975.

TULVING, E., *Episodic and Semantic Memory*, in E. TULVING and W. DONALDSON (eds.), *Organization of Memory*, Academic Press, New York, 1972, pp. 381-403.

VOGEL, G., FOULKES, D., and TROSMAN, H., *Ego Functions and Dreaming During Sleep Onset*, in Archives of General Psychiatry, 14 (1966), pp. 238-248.

VYGOTSKY, L. S., *Thought and Language*, M. I. T. Press, Cambridge (Mass.), 1962 (orig. 1934) (trad. it. *Pensiero e linguaggio*, Giunti e Barbera, Firenze, 1969).

WOLPERT, E. A. and TROSMAN, H., *Studies in Psychophysiology of Dreams. I. Experimental Evocation of Sequential Dream Episodes*, in Archives of Neurology and Psychiatry, 79 (1958), pp. 603-606.

An Empirical Examination of Freud's Dream Theory

GERALD W. VOGEL
Georgia Mental Health Institute, Dept. of Psychiatry
Emory University School of Medicine, Atlanta (Georgia, USA)

Suppose the reader were to examine Freud's two major works about dreams — his book, *The Interpretation of Dreams*[1], and his later series of eleven lectures on dreams[2]. I believe the reader would not find one passage devoted to their use in therapy. Hence, Freud's purpose in developing his dream theory was different than — and I think much larger than — the intention to develop a therapeutic technique for the use of dreams in the psychoanalytic treatment of patients. Like a naturalist, he wanted to explore and understand mysterious areas of the human mind. The exploration had begun with the study of neurotic symptoms. Dreams, too, were inexplicable. But unlike neurotic symptoms, they were manifestations of all human minds. Hence, dream study offered an opportunity to learn about mysterious areas of all human minds. So, instead of concerning therapy, the bulk of Freud's work about dreams concerned their origin, formation, function, and in a larger sense, implications for a universal model of mind. These aspects of Freud's dream theory capture scientific attention and invite an examination of the theory's structure and its empirical foundation.

My discussion of Freud's dream theory will be divided into two parts. I will first attempt an accurate and generally sympathetic account of the theory and its evidence. The account will emphasize the empirical structure of Freud's theory. It will describe Freud's development of the theory as the outcome of a logical sequence of hypotheses, each of which was empirically investigated. The second part of this paper will be a critical examination of the relationship between the theory and its empirical support. The aim here will be to determine the adequacy of the empirical tests of the hypotheses that constituted the theory.

Freud recorded the origin of his interest in dreams as follows: « It was discovered one day that pathological symptoms of certain neurotic patients have a sense. On this discovery the psychoanalytic method of treatment was founded. It happened in the course of this treatment that patients, instead of bringing forward their symptoms, brought forward dreams. A suspicion thus arose that the dreams too had a sense[2] ».

My description of Freud's investigation of that suspicion — really hy-

pothesis if we put it in empirical terms — will not follow its chronological development. Rather, using Freud's later lecture series on dreams[2], I will describe his more logical construction of the dream theory after the whole was assembled and its interconnections and implications became clear. I have also relied on David Foulkes' insight that Freud's dream theory can be considered in linguistic terms[3].

The investigation began with an assumption about the relationship between dreaming and sleep. Observing that psychologically « sleep is a state in which I want to know nothing of the external world and that the best sleep is dreamless sleep », Freud conjectured that mentation occurred during sleep only because unwanted stimuli impinged on the mind. As he put this assumption, « a dream then is the manner in which the mind reacts to stimuli that impinge upon it in the state of sleep ». The assumption implied two different and apparently testable hypotheses. The first was: a dream was a reaction to somatic stimuli which impinged upon the mind during sleep. If the stimuli were meaningless somatic excitation, the dream would be meaningless. If they were meaningful, the dream would represent them as such.

A fair amount of unsystematic evidence seemed consistent with that hypothesis. Freud noted that many dreams were unintelligible or senseless and one could plausibly consider these to be the mind's response to meaningless physiological stimuli or excitation. Freud expressed it this way: « According to an old analogy, the contents of a dream are like the sounds produced when the ten fingers of a man who knows nothing of music wander over the keys of a piano[2] ». However, several observations, including a few experimental ones, did not support the hypothesis. For example, Freud citing the work of Hildabrandt, described three dreams all of which were apparently the reaction to the ringing of an alarm clock which had awakened the dreamer. Each dream contained a ringing or clanging sound. However, each dream pictured the sound as originating from a different meaningful source, which was not an alarm clock. Thus, the between dream differences in their interpretations of the sounds were not understandable in terms of the hypothesis that the dreams were a reaction to the same somatic stimulus. Similar observations about how different dreams transformed the same internal organic stimulus into uniquely different pictures — which incidentally fitted the different ongoing themes of the dreams — also failed to support the hypothesis. There were other nonsupportive observations. The stimulus such as the alarm clock, did not explain the sense of the remainder of the dream that had no reference to the stimulus. Also, most dreams with some sense did not appear to be reactions to any observable meaningful stimulus. Freud concluded that the evidence did not support the hypothesis that dreams were a reaction to somatic stimuli, but added the reservation, that internal or external stimuli, may have occasionally been instigators of dreams. Still, he thought such stimuli revealed nothing of the essence of the dream.

A new tack was clearly needed. Freud suggested the hypothesis that dreams were not reactions to somatic stimuli, but rather psychical phenomena, i.e., understandable reactions to psychical stimuli, reactions with a sense or meaning.

But immediately a problem arose. If dreams were psychical phenomena, then they should have had a sense, but in fact, they were utterances of the dreamer which usually could not be understood. To solve this problem, he suggested a deceptively simple tactic. He wrote: « Well, what do you do if I make an unintelligible utterance to you. You question me ... Why should we not do the same thing to the dreamer — question him as to what his dream means? ».

This raised still another obstacle, viz., the dreamer himself reported that he did not understand the dream — i.e., where it came from — what, if anything, it meant, for what purpose he dreamt it.

Freud was undismayed. Two different sources of evidence supported the notion that the dreamer did know what his dream meant, only he did not know he knew it, and for that reason thought he did not know its meaning. Hypnotic phenomena indicated that subjects could be unaware of knowledge which they later recovered. And Freud's patients often reported ignorance of events which they later remembered.

So verification that dreams were meaningful reactions to psychical stimuli — in short, that they had a meaning, required first a technique that would enable the dreamer to recover knowledge which he was unaware he had. As is well known, this technique was free association. The dreamer was asked to report his free (i.e., unrestrained, and uncensored) associations to each element of the dream while keeping that element in mind as a starting point. The dreamer was instructed not to reject any association because of the judgment that it was unimportant, senseless, irrelevant, or too distressing.

There were two related assumptions about the results of the technique. First, that if the fixed starting point of the associations, the dream element, was kept in mind during free associations, then it determined the chain of associations; and second, that some unknown meaning of the starting point of the associated chain was involved in that determination of the chain. The implication of these two assumptions was that the chain would reveal the unknown meaning of its origin in some way. For example, by ending at that meaning and being recognized as such; or by ending at an element with a property whose meaning made sense in the larger context of the whole dream; or by containing a number of elements with common properties that pointed to its meaning. Freud must have been aware that the validity of these assumptions de termined the validity of his entire enterprise because he went to some lengths to demonstrate that the unknown meaning of the starting point of a chain of associations was revealed by the chain and so must have determined its course. He reported examples in which the unknown meaning and motive for an apparently random choice of a name or a number was revealed by the free association

technique. He gave examples of how 'tunes' or nonsense words that come into one's head without warning were shown by free association to be determined by and to belong to a train of thought which was emotionally important at the time. He referred to his works on slips of the tongue, of writing, or of memory in which the associated chain from the unintelligible slip was determined by and led to the meaning and motive of the slip. Let me quote one of his persuasive examples which concerned a slip of his own memory: « I noticed one day that I could not recall the name of the small country on the Riviera, of which Monte Carlo is the chief town. It was very tiresome, but so it was. I summoned up all that I knew about that country. I thought of Prince Albert of the House of Lusignan, of his marriages, of his devotion to deep-sea researches, and everything else I could bring together, but it was of no avail. So I gave up reflection and allowed substitute names to occur to me instead of the lost one. They came rapidly: Monte Carlo itself, then Piedmont, Albania, Montevideo, Colico. Of this series I was struck first by Albania, which was at once replaced by Montevideo, no doubt because of the contrast between black and white. I then saw that four of these substitute names contained the same syllable 'mon', then suddenly I had the forgotten word and exclaimed aloud, 'Monaco!' So the substitute names had in fact arisen from the forgotten one: the first four came from its first syllable while the last reproduced its syllabic structure and its whole last syllable. Moreover, I was able to discover quite easily what it was that had temporarily deprived me of the name. Monaco is also the Italian name for Munich; and it was that town which exerted the inhibitory influence ».

From this kind of evidence he concluded that « the associations to the dream element (were) determined both by the dream element and also by the (unknown, i.e.), unconscious — genuine thing behind it ».

By this point the foundation of the dream theory was laid. The assumption that dreams were the mind's reaction to stimuli had generated two apparently testable hypotheses. The hypothesis that dreams could be understood as responses to somatic stimuli was empirically refuted, by the observations of several counter examples. The hypothesis that dreams were responses to psychical stimuli, i.e., that they had an intelligible sense, and expressed an intelligible purpose or intention which fit in the context of intelligible waking mentation, was viable with the requirement that unintelligible dreams be translatable in some plausible, reliable way into mentation with meaning. The free association technique whose results on nondream phenomena indicated that apparently unintelligible mentation could have a meaning provided the method of translation of the unintelligible dream elements. These considerations, therefore, added up to a conception of the nature of dreams which was at the foundation of Freud's theory: the dream elements were not genuine things, they were substitutes for something else which was unknown to the dreamer, though accessible through free association. To use his terminology, the dream as reported was the manifest dream — the unknown genuine things were cal-

led the latent dream thoughts, and their property of being unknown but still present in the mind, made him call them unconscious.

Let me illustrate this conception of the nature of dreams and of the technique for revealing it by a long quotation from Freud's analysis of a dream[2]. « A lady who — though she was still young, had been married for many years — had the following dream: She was at the theater with her husband. One side of the stalls was completely empty. Her husband told her that Elise L. and her fiancé had wanted to go too, but had only been able to get bad seats — three for 1 florin 50 kreuzers — and of course, they could not take those. She thought it would not really have done any harm if they had ». (End of dream) « The first thing the dreamer reported to us was that the precipitating cause of the dream was touched on in its manifest content. Her husband had in fact told her that Elise L., who was approximately her contemporary, had just become engaged. The dream was a reaction to this information. We know already that it is easy in the case of many dreams to point to a precipitating cause like this from the previous day, and that the dreamer is often able to trace this for us without any difficulty. The dreamer in the present case put similar information at our disposal for other elements of the manifest dream as well. Where did the detail come from about one side of the stalls being empty? It was an allusion to a real event of the previous week. She had planned to go to a particular play and had therefore bought her tickets early — so early that she had to pay a booking fee. When they got to the theater it turned out that her anxiety was quite uncalled for, since one side of the stalls was almost empty. It would have been early enough if she had bought the tickets on the actual day of the performance. Her husband had kept on teasing her for having been in too much of a hurry. What was the origin of the 1 florin, 50 kreuzers? It arose in quite another connection, which had nothing to do with the former one but also alluded to some information from the previous day. Her sister-in-law had been given a present of 150 florins by her husband and had been in a great hurry — the silly goose — to rush off to the jewellers and exchange the money for a piece of jewelry. Where did the 'three' come from? She could think of nothing in connection with that, unless we counted the idea that her newly-engaged friend, Elise L., was only three months her junior, though she herself had been a married woman for nearly ten years. And the absurd notion of taking three tickets for only two people? She had nothing to say to that, and refused to report any further ideas or information.
But all the same, she had given us so much material in these few associations that it was possible to guess the latent dream-thoughts from them. We cannot help being struck by the fact that periods of time occur at several points in the information she gave us about the dream, and these provide a common factor between the different parts of the material. She took the theater tickets too early, bought them over-hurriedly so that she had to pay more than was necessary; so too her sister-in-law had

been in a hurry to take her money to the jewellers and buy some jewelry with it, as though otherwise she would miss it. If, in addition to the 'too early' and 'in a hurry' which we have stressed, we take into account the precipitating cause of the dream — the news that her friend, though only three months her junior, had nevertheless got an excellent husband — and the criticism of her sister-in-law expressed in the idea that it was absurd of her to be in such a hurry, then we find ourselves presented almost spontaneously with the following construction of the latent dream-thoughts, for which the manifest dream is a severely distorted substitute: 'Really it was absurd of me to be in such a hurry to get married! I can see from Elise's example that I could have got a husband later too!' (Being in too great a hurry was represented by her own behavior in buying the tickets and by her sister-in-law's buying the jewelry. Going to the play appeared as a substitute for getting married). This would seem to be the main thought. We may perhaps proceed further, though with less certainty, since the analysis ought not to have been without the dreamer's comments at these points: 'And I could have got one a hundred times better with the money!' (150 florins is a hundred times more than 1 florin 50). If we were to put her dowry in place of the money, it would mean that her husband was bought with her dowry: the jewelry, and the bad tickets as well, would be substitutes for her husband. It would be still more satisfactory if the actual element 'three tickets' had something to do with a husband. But we have not got so far as that in our understanding of the dream. We have only discovered that the dream expresses the low value assigned to her own husband and her regret at having married so early.

We shall, I fancy, be more surprised and confused than satisfied by the outcome of this first dream-interpretation. We have been given too much in one dose — more than we are yet able to cope with. We can already see that we shall not exhaust the lessons of this interpretation of a dream. Let us hasten to single out what we can recognize as established new discoveries.

In the first place, it is a remarkable thing that the main emphasis in the latent thoughts lies on the element of being in too great a hurry; nothing of the sort is to be found in the manifest dream. Without the analysis, we should have had no suspicion that that factor plays any part. It seems, therefore, to be possible for what is in fact the main thing, the center of the unconscious thoughts, to be absent in the manifest dream. This means that the impression made by the whole dream must be fundamentally altered. In the second place, there is an absurd combination in the dream: three for 1 florin 50. We detected in the dream-thoughts the assertion that 'it was absurd (to marry so early)'. Can it be doubted that this thought, 'it was absurd', is represented by the inclusion of an absurd element in the manifest dream? And in the third place, a glance of comparison shows us that the relation between the manifest and latent elements is no simple one; it is far from being the case that one manifest element always takes the place of one latent one. It is rather that there is a group-relation

between the two layers, within which one manifest element can replace several latent ones or one latent element can be replaced by several manifest ones.

As regards the meaning of the dream and the dreamer's attitude to it, we might point out much that is similarly surprising. She agreed to the interpretation indeed, but she was astonished at it. She was not aware that she assigned such a low value to her husband; nor did know why she should set such a low value on him. So there is still much that is unintelligible about it. It really seems to me that we are not yet equipped for interpreting a dream and that we need first to be given some further instruction and preparation ».

We see then that Freud could show that an apparently unintelligible dream was a meaningful reaction to a psychical stimulus. But, as he said, more preparation was needed in order to confirm and understand this observation. This was so not only because of the purposefully naive, unanswered questions which he raised about this particular interpretation, but more importantly because the interpretation suggested new, more general questions about the nature of dreams.

First, although this interpretation revealed an event that instigated the dream, what was special about this event, what general characteristic differentiated it from other events that did not instigate dreams?

Second, given the particular translations of the latent thoughts into manifest images, was there some way of generalizing the translation rules involved in dream formation?

Third, given that dreams were psychical phenomena expressed in a peculiar language, why was this language used rather than the usual waking language?

And fourth, nothing in this analysis revealed the function of the dream. What purpose did it serve?

An investigation of the dreams of young children, usually five or younger, gave Freud preliminary answers to some of these questions, i.e., answers which became hypotheses to be tested on the dreams of adults. He chose children's dreams because he found them to be « short, clear, coherent, easy to understand, and unambiguous ». This eliminated the need for free association in order to understand them. Further, as you will see, with a piece of information from the child's life, it was clear that the dream was invariably a reaction to an experience of the previous day. Thus, they too, were meaningful reactions to psychical stimuli. Here are three examples Freud gave:

A 22/month old boy was required, against his wishes, to hand over a basket of cherries to someone else. Next morning he reported a dream: « Hermann eaten all the cherries ».

A 3 1/4 year old girl was taken on a boat trip across a lake. At the landing she did not want to leave the boat and wept bitterly. Next morning she announced, « Last night I went on the lake ».

A 5 1/4 year old boy was taken on an excursion up a mountain at the top of which was a place called Simony Hut. Through the telescope he saw this and showed great interest in reaching it. But to his disappointment he didn't reach it. Next morning he said with a radiant face, « Last night I dreamt we were at Simony Hut ».

From examples such as these Freud drew the following conclusions:

1) « A child's dream was a reaction to an experience of the previous day, which had left behind it a regret, a longing, a wish that had not been dealt with ». The dream — and he emphasized this — produced a direct, undisguised fulfillment of that wish. He generalized this conclusion about children's dreams to form an hypothesis about all dreams: the true instigators of dreams were unfulfilled wishes.

2) The children's dreams were without distortion except of one kind — the latent thought — « I want such and such » became transformed into an experience, « I have such and such ». Here, too, Freud generalized to form an hypothesis about all dreams: in their formation a thought (expressing a wish) was transformed into an hallucinated image that represented the wish as fulfilled.

And finally, in line with his notions (1) that sleep was best when no stimuli impinged on the mind, (2) that dreams were a reaction to the psychic stimuli of an unfulfilled wish, persistent during sleep, and (3) that the dreams produced an hallucinatory fulfillment of the wish, he concluded that dreams protected sleep from the disturbance of unfulfilled wishes. In short, the function of dreams was to guard against the sleep disturbances created by unfulfilled wishes.

Of course, these notions were hypotheses, generated by the undistorted, intelligible dreams of children. They had to be tested on the dreams of adults, which often were distorted and unintelligible and required interpretation through free association. But, even without free association, some adult dreams offered support for the wish fulfillment and sleep protection hypotheses. Dreams of adults living under conditions of great privation were preoccupied with gratification of their waking needs. There were reports of starving explorers or prisoners dreaming of nothing but food; of thirsty, dehydrated explorers dreaming of water and drink of all kind; of sexually deprived individuals dreaming of sexual gratification. And Freud suggested that linguistic usuage and proverbs supported the wish fulfillment hypothesis — as if their sources had knowledge that we do not know we have. He pointed to the common term, 'daydream', which, as everyone knew, expressed the imagined fulfillment of ambitions or erotic wishes. He pointed to proverbs such as « pigs dream of acorns and geese dream of maize ». Nevertheless, in spite of such indirect support for the hypotheses about dream instigators and function, he needed to test them on the distorted, often unintelligible, dreams of adults. For this reason he needed to understand the distortion in dreams, i.e., to work out the general rules of translation of latent thoughts into manifest content, and the motives for this peculiar linguistic translation.

His approach was to describe and to classify the various kinds of dream distortions. Based on this knowledge, he also attempted to find a function of dream distortion. Parenthetically, please remember that by dream distortion he meant not only the absurd or unintelligible parts of a dream, but all the ways in which the manifest dream was not an exact replica of the latent dream thoughts. He described three kinds of distortion: omission, allusion or modification, and displacement, i.e., the manifest content can distort latent thoughts by omitting them; or by representing them indirectly, through allusions to them or modifications of them, or by displacing the emphasis, the accent from its place on one element in the latent content onto another element in the manifest content. The reader will recall an instance of displacement of emphasis in the theater dream which I quoted. The central emphasis of the latent dream thoughts was on earliness: an early marriage, early purchase of theater tickets, hurried jewelry purchase, — but earliness did not appear in the manifest dream. The central emphasis there was on going to the theater and taking the tickets. The analysis of the dream also provided us with an example of allusion or modification. Because the tickets were bought early, the empty theater seats were an allusion to the early marriage. Here is an example of distortion by omission in a dream reported by a proper, 50 year old lady during the first world war. In the dream — which is too long for me to quote — the lady went to an army hospital to volunteer her services. She pronounced the word 'service' in such a way that the medical officer understood her to mean sexual services. At several points in the dream, she, or a medical officer, mumbled or omitted words in their spoken sentences just at the point of some explicit description of her service. The dreamer herself condemned the dream saying, « disgusting, stupid stuff like this was dreamt by a woman of 50 who has no other thoughts day and night but worry about her child ». It was clear that what was omitted in the woman's manifest dream was what was repulsive and reprehensible to her. Using this example and others in his experience, Freud concluded that at least some dream distortion functions to censor repulsive, unacceptable, latent thoughts, just as a newspaper censor might eliminate or modify information that was displeasing to higher authorities. Of course, he based this conclusion on more than the one cited dream and more than one observation of an unacceptable impulse. His experience with patients who revealed their innermost secrets to him and to themselves indicated that all humans harbored, unknown to themselves, the most evil impulses: hatred, wishes for revenge and death, not only against strangers, but also against those nearest and dearest to them; sexual desires not only for other men's wives or other women's husbands, but even for incestuous objects: for mothers, fathers, sisters, and brothers. It was these impulses that were awakened during sleep, and had to be censored in the manifest dream. You may object to this view of human nature. Here is Freud's answer. « I will not discuss how you may appear to yourselves but have you found so much benevolence among your superiors and

competitors, so much chivalry among your enemies, and so little envy in your social surroundings that you find it your duty to protest against egoistic evil having a share in human nature? Are you not aware of how uncontrolled and untrustworthy the average person is in everything to do with sexual life? Or do you not know that all the transgressions and excesses of which we dream of at night are daily committed in real life by waking men? What does psychoanalysis do here but confirm Plato's old saying that the good are those who are content to dream of what the others, the bad, really do? »

« And now turn your eyes away from individuals and consider the great war that is still laying Europe waste. Think of the vast amount of brutality, cruelty and lies which are able to spread over the civilized world. Do you really believe that an handful of ambitious and deluding men, without consciences, could have succeeded in unleashing all these evil spirits if their millions of followers did not share their guilt? Do you venture into such circumstances to break a lance on behalf of the exclusion of evil from the mental constitution of mankind? You will represent to me that I am giving a one-sided judgment on the war: that it has also brought to light what is finest and noblest in men, their heroism, their self-sacrifice, their social sense — no doubt; but are you not now showing yourselves as accessories to the injustice that has so often been done to psychoanalysis in reproaching it with denying one thing because it has asserted another? It is not our intention to dispute the noble endeavors of human nature. Nor have we ever done anything to detract from their value. On the contrary, I am exhibiting to you not only the evil dream wishes which are censored, but also the censorship which suppresses them and makes them unrecognizable. We lay a stronger emphasis on what is evil in men only because other people disavow it and thereby make the human mind not better but incomprehensible. If now we give up this one-sided ethical evaluation we shall undoubtedly find a more correct formula for the relation between good and evil in human nature ».

Let me repeat the significance of this view of human nature for the dream theory and its implications. Freud concluded that dream distortion, the difference between the manifest dream and the latent dream thoughts was, at least in part, the result of the censorship of unacceptable impulses that arose during sleep. Furthermore, such impulses were not unique to neurotic patients. The analysis of the distorted dreams of people without neurotic symptoms revealed that they, too, had a realm of mind unknown to them, a realm which harbored the most uncivilized and most unexpected motives. Here then was the beginning of a ubiqitous bipartite model of mind that was suggested by dream analysis.

Censorship, however, was not the sole factor responsible for distortion in dreams. Freud observed that sometimes, during dream analysis, even with the greatest effort and perseverance, no association emerged, or if it did, it didn't make sense in the general context of the interpretation.

He observed further that this gap regularly occurred in association to particular manifest elements. And finally, if these particular elements were always translated in a specific way, what was previously unintelligible became an intelligible set of latent dream thoughts. He defined a constant relation of this kind between manifest dream element and latent dream element as a symbolic one. Note that up to here, Freud had suggested that up to here, Freud had suggested that the meaning of dream elements was idiosyncratic and private. For the translation of latent content into manifest content, each dreamer had his own dream dictionary — which he often changed from night to night. To learn the meaning of his dreams one had to consult, through free association, that private dictionary. Now for the symbolic element Freud was asserting that the translation dictionary was public and universal.

Since the dreamer could not tell the meaning of the dream symbols, how was their meaning discovered? There were many sources: fairy tales, myths, religion, art, language, jokes, knowledge about popular manners, customs, sayings, songs, and from poetic and colloquial usage. Thus, whatever its source, the universal symbolic language was available in many contexts of waking life as well as in dream life. I have chosen two examples of symbols to show the kind of evidence Freud gave for the translations of manifest symbol into a latent thought.

In the manifest dream, departure or taking a journey symbolized the latent thought of dying. He found evidence for this symbolization in other contexts in waking life. For example, when children asked about the death of someone, the reply frequently was, the deceased had gone on a journey. Shakespeare used the same symbolic connection when he spoke of after life as « the undiscovered country from whose bourne no traveller ever returns ». In everyday language, sometimes one heard death referred to as the last journey. In ancient cultures, e.g., in Egypt — there was the idea of a journey to the land of the dead. Indeed, the mummy was supplied with a guidebook called the Book of Dead to take with him on the journey.

As another example of symbolization, in dreams the female genitals were symbolized by objects that enclosed a space that could take something into itself such as cavities, pits, bottles, trunks, boxes, cases, cupboards, ships, etc. Evidence indicated that this symbolism was also used in waking life. The vagina was colloquially referred to as a box. An impolite reference to a woman called her « an old box ». In the New Testament a woman was referred to as the weaker vessel. In Hebrew literature it was common to find a woman referred to as a house whose door stands for the sexual orifice. Etymologically, the word for ship, which incidentally has the female gender, came from the original name of an earthenware vessel.

Even if I had the space, there would not be many more symbolizations to describe, for, according to Freud, the range of things symbolized in dreams was not wide: the human body as a whole, parents, children, brothers, sisters, birth, death, nakedness, the genitals and sexual activity. The list was composed of elements concerned with basics of human

life, in all cultures. Since evidence for such symbolization was found in all cultures, Freud concluded that the symbols were ubiqitous. This added to his general model of mind. Not only did all humans have unconscious purposes and endeavors based on a similar set of unacceptable, unconscious motivations, but the presence of universal symbols suggested that the mind contained an innate set of linguistic transformations.

But let's return to the construction of Freud's dream theory. Recall its development at my point of departure. Briefly, the manifest dream was a picture translation of latent dream thoughts. In some young children, the translation was simple and undistorted. From these dreams Freud learned that dreams represented the fulfillment of a wish which disturbed sleep. So the undisturbed dream of a child protected sleep. The question was, did this formulation apply to the distorted dreams of adults? Its answer required an investigation of dream distortion. That investigation showed that latent dream thoughts were distorted by omission and allusion, a distortion motivated by the need for censoring evil, unacceptable wishes. They were also distorted by symbolization and by a fourth process, plastic representation: the changes involved in representing a thought by a picture. These four relations between latent and manifest elements (omission, allusion, symbolization, and plastic representation) constituted the ways by which latent content was transformed into manifest content, a process Freud called the dream work.

It was at this point in the discussion of dream distortion that I went off on the tangent about symbols. There is more to Freud's investigation of dream distortion.

Freud asked: if one compared the whole latent content with the whole manifest content, what were the effects of the four ways of transforming elements?

In dreams, three effects and only three effects of the transformation were described.

1) Condensation, i.e., the manifest dream had a smaller content than the latent dream thoughts. Condensation was accomplished by the omission of latent elements, or by only a fragment of a latent element appearing in the manifest dream, or by a manifest element combining some property of several latent elements. We saw an example of omission in the love-service dream of the 50 year old lady; the combining of some property is probably the most common kind of condensation, one that you will probably recognize from your own dreams. A composite person looks like person A, is dressed like person B, and is doing something usually associated with person C. Freud noted that condensation was not unique to dream work. He saw it, for example, in jokes and in mythology — consider the centaur.

The second effect of the dream work was displacement, the shifting of emphasis or of a quality of a latent element onto a different manifest element. We saw an example of this in the theater dream of the young lady.

Here you will recall the main emphasis in the latent thoughts was on the feeling of being in too great a hurry. That feeling did not appear in the manifest dream, whose emphasis centered on the theater and tickets. Another kind of displacement was the replacement of a latent element by a manifest element which only hints at it or alludes to it. For example, in the theater dream, the latent element of being in too great a hurry was alluded to by the empty theater stalls.

Again, Freud noted that displacement was not unique to dream work. For example, allusions were of course, frequent in poetry. Displacement of accent occurred in jokes. Here is an example he gave. « There was a blacksmith in a village, who had committed a capital offense. The Court decided that the crime must be punished; but as the blacksmith was the only one in the village and was indispensable, and as, on the other hand, there were three tailors living there, one of them was hanged instead ». The third effect of the dream work was what Freud called plastic representation, i.e., the transformation of thoughts into images. (Here plastic had its original meaning of formed or sculptured). Plastic representation also accounted for some of the distortation in the translation of latent dream thoughts into the manifest dream. If you were to translate a newspaper article into pictures, the words representing concrete objects and activities would be easily pictured — but not so for abstractions and for logical relations such as because, therefore, either-or, and not. In the former case — abstractions — you would be forced to use devices which concretize or particularize the abstract idea. An example of the concretization of a latent thought is the following: The dream thought, « I have to revise an uneven passage in an essay ». This became the visual image, « I saw myself planing a piece of wood ». Or another example, the latent thought was that a certain musical conductor was far superior to the others — we may add, towered above the others. This was represented in the manifest dream as a operatic scene in the center of which was a high tower.

These three effects: condensation, displacement, and plastic representation comprised all the results of the dream work. Everything else that appeared in the dream — such as judgments, criticisms, plans — Freud considered to be portions of the latent dream thoughts which had passed over into the manifest dream with little or no modification.

Again, Freud added generalizations obtained from dream studies to his model of mind. You will recall that the model portrayed an unconscious realm with relatively unique motivational and cognitive contents. His conclusions about the dream work added a unique way of thinking to the unconscious realm. Compared with the usual waking deliberate thought, the dream work used picture language, and metaphorical rather than identical equivalencies. Indeed, he considered this way of thinking to be an archaic mode, a remnant perhaps of some early, primitive, lost, but universal language or source of language. This view was consistent with his finding that elemental human concerns were universally symbolized. It

was also consistent with some observations of ancient, primitive languages. Freud noted that a manifest dream element which was capable of having a contrary may have been expressed by either itself or its contrary and the decision about which was determined by the context. Analogously, he claimed, that in the most ancient languages, contraries such as strong-weak, light-dark, big-small, were expressed by the same words. For example, in ancient Egyptian (ken) originally meant strong and weak and decision about its spoken meaning was determined by intonation.

So the mode of thinking in dreams reflected a regression to an earlier, more primitive form. Freud also reported that the content of dreams reflected a regression to an earlier stage, in this case to forgotten experiences of childhood which he claimed were available in dream life. For example, he wrote, « I once dreamt in a certain connection of a person who must have done me a service and whom I saw clearly before. He was a one-eyed man of small stature, stout, and with his head sunk deep in his shoulders. I concluded from the context that he was a doctor. Luckily I was able to inquire from my mother, who was still alive, what the doctor at my birthplace (which I had left when I was three) had looked like; and I learned from her that he was one-eyed, short, stout, and with his head sunk deep in his shoulders; and I also learnt what the accident was for which he had come to my help and which I myself had forgotten ».

More important for Freud's hypothesis that dream life drew on things from childhood, the reader will recall his conclusion that dream instigators were frequently evil or extravagant sexual wishes which made the censorship and distortion of dreams necessary. His claim was that such abhorrent, unacceptable wishes originated in childhood and persisted unconsciously into adulthood, during which they could be activated by life events.

The evidence for these remarkable conclusions came from his analysis of neurotic patients, from the dreams of non-neurotic patients, and from direct observations of children.

Here is an example of the evidence he offered for hostility in children. He wrote: « A small child does not necessarily love his brothers and sisters. Often he obviously does not. There is no doubt that he hates them as competitors. Such remarks as 'I don't like him; the stork can take him away again!' are quite common. The motives for these are rivalry for parental love, for common possessions, for living space ». I will not report his evidence from the psychoanalytic treatment of patients. If you are interested, it is available in the five extensive histories which he published[4–8].

But the reader is undoubtedly familiar with Freud's claims of the other kinds of evil in children: for example, death wishes toward parents usually of the same sex and sexual wishes of all kinds — including towards parents of the opposite sex.

From this basis, Freud reasoned as follows. Since dreams not only had

access to forgotten experiences of childhood, but also drew on the forgotten emotional characteristics of childhood mental life — its egoisms, its hatreds, its primitive sexuality, its incestuous object choices — dreams carried us back every night to infantile life ». In other words, all dreams were, in some important senses, children's dreams, but in adults their infantile qualities were often disguised. It was then only a small jump to hypothesize that, like the dreams of children, all dreams were instigated by an infantile wish and portrayed that wish as fulfilled in an hallucinatory manner. The infantile wishes that instigated dreams could, of course, be any of the unacceptable, evil, wishes of childhood that persisted unconsciously into adulthood. Dreams then were wish fulfillments. They might be disguised wish fulfillments — and they were hallucinated wish fulfillments — but like daydreams and the dreams of young children they were instigated by wishes. How then to explain the fact that so many dreams were unpleasant, and even more so, that nightmares occurred? Freud pointed to the distinction between manifest and latent content and noted that the wish fulfillment hypothesis applied to the meaning of the latent content, not to the experience of the manifest content.
A dreamer might, for example, express gratification of a completely unacceptable, unconscious wish — like the sexual one of the middle aged lady — and find gratification repulsive or frightening. Thus, « a dreamer, in relation to his dream wishes can only be compared to an amalgation of two separate people who are linked by some strong element in common ». Another explanation of the unpleasantness of dreams was that it might represent punishment for the forbidden wish of the latent dream thoughts. In short, Freud thought that he could explain the apparent refutations of his conclusion that all dreams were wish fulfillments. He wrote: « I cannot demonstrate this to you now and I will only express my conviction that it could always be successfully accomplished ». His collected papers and those of his followers contain many examples of that accomplishment.

Using the theater dream that I've mentioned, let me give the reader one example of Freud's analysis of a dream and how he found it to support the wish fulfillment hypothesis: Quoting Freud, « Let us go back to the dream we have already interpreted of the three bad theater tickets for 1 florin 50, and from which we have already learnt so much. We found that the dream-thoughts related to her anger at having married so early and her dissatisfaction with her husband. We may be curious to discover how these gloomy thoughts were transformed into the fulfillment of a wish and where any trace of it is to be found in the manifest content of the dream. We already know that the element 'too early, in a hurry' was eliminated from the dream by the censorship. The empty stalls were an allusion to it. The mysterious 'three for 1 florin 50' now becomes more intelligible to us with the help of the symbolism with which we have meanwhile become acquainted. The '3' really means a man (or husband)

and the manifest element is easy to translate: buying a husband with her dowry. Marrying is clearly replaced by 'going to the theater'. 'Taking the theater tickets too early' is, indeed, an immediate substitute for 'marrying too early'. This substitution is, however, the work of a wish-fulfillment. Our dreamer was not always so dissatisfied with her early marriage as she was on the day when she received the news of her friend's engagement. She had been proud of it at one time and regarded herself as at an advantage over her friend. Simple-minded girls, after becoming engaged, are reputed often to express their joy that they will soon be able to go to to the theater, to all the plays which have hitherto been prohibited, and will be allowed to see everything. The pleasure in looking, or curiosity, which is revealed in this was no doubt originally a sexual desire to look (scopohilia) directed towards sexual happenings and especially on to the girl's parents, and hence it became a powerful motive for urging them to an early marriage. In this way a visit to the theater became an obvious substitute, by way of allusion, for being married. Thus the dreamer in her present anger at her early marriage, harked back to the time at which early marriage was the fulfillment of a wish because it satisfied her scopohilia and, under the lead of this old wishful impulse, she replaced marriage by going to the theater ».

In a more general sense, Freud claimed that his technique of analysis would show that all dreams led back to a set of latent thoughts which had in some way been influenced by an unconscious, primitive realm of mind with the unique characteristics that have been described above. The implication of this conclusion for a general model of mind was clear. Before his dream investigation Freud had reported that the symptoms of neurotic patients were disguised derivatives of an unconscious realm of the mind with unacceptable impulses. This finding suggested that such a realm existed only in patients with neurosis and in fact was responsible for their symptoms. However, the dream investigation revealed evidence for such an unconscious realm in all humans regardless of the presence of neurotic symptoms. Indeed, Freud wrote that all his findings about the unconscious in neurotic patients were replicated in his investigations of dreams. Like the neurotic symptom, the dream was a disguised derivative of that unconscious realm.

I want to elaborate further on this model of mind and how it explains both dream formation and neurotic symptom formation. Picture the mind as two adjacent areas separated by a boundary. Of course, do not take this picture literally — i.e., as a map of brain areas. It is only meant as an analogy to help understand the relationships between constituent ideas. The two areas in the picture represent the two realms of mind: the preconscious which has easy access to consciousness — and the unconscious. The separating boundary represents a censorship barrier between them, a barrier that Freud called the repression barrier. Under ordinary circumstances the barrier functions so that there is no communication

between the unconscious and the preconscious. However, under certain circumstances, i.e., in the formation of a dream or of a neurotic symptom, an ingredient of the unconscious is transferred across the repression barrier onto some content of the preconscious. When that happens, some quality of the infantile nature of the unconscious is betrayed in the preconscious content on which the transference occurs. In dreams the preconscious day residue is the point of attachment of the transferred unconscious material, and then its character changes from a rational waking thought to something subjected to the dream work. You will recall in the theater dream, that certain latent thoughts arose when the dreamer heard the news that her friend just became engaged: these were « anger at having been in such a hurry to get married, putting a low value on her husband and the idea that she might have gotten a better one if only she had waited ».

But, according to Freud, such latent thoughts were not sufficient to produce the dream. They had to be amalgamated with the force and primitiveness of an infantile wish in order to undergo the transformation necessary to produce the dream[9]. In terms of the model, the primitive infantile scoptophilic wishes — or some qualities of them — transferred across the repression barrier and attached themselves to the preconscious elements of the theater. The amalgamation of preconscious and unconscious elements then were transformed by the dream work into the manifest dream.

Here is an example of a similar process in the formation of a neurotic symptom, a compulsion. Consider a man who retired for the night and then wondered, « Did I shut the stove gas off » and thought, « if I didn't there might be an explosion, my whole family might be injured, or worse, killed ». Troubled by this, and unable to sleep, he went to the kitchen, examined the stove, turned the gas knob on and off a few times to be sure and then went back to bed. Then the symptoms really started. He wondered, « Now did I turn it off or did I turn it on ». Tormented by doubt, he again went to the kitchen, and again checked the stove, and again returned to bed. But, of course, to shorten the story he repeated the ritual many, many times. Why? Psychoanalysis would reveal that the man harbored unconscious, completely unacceptable, murderous impulses toward his family, originating in some hatred from his infantile life. For some reason — let us say that he was annoyed that evening by some minor family friction — a resonant unconscious impulse — an old infantile hatred toward family — was activated, transferred across the repression barrier, and attached to a usually fleeting concern about the gas stove. This changed the character of what was usually a minor concern. Under the influence of being combined with the unconscious hatred, the minor concern became terrifying, and refractory to ordinary reason or observation, which could not influence unconscious mental processes.

The reader can probably recall such a symptom or hearing about it. Here is another example. I once had a patient who had to arrange the

towels on the rack in her bathroom in a certain way or harm would come to her mother. She knew this was a foolish superstition, but that knowledge was of no avail. Only after extensive treatment in which she came to experience — not just know intellectually — her great hostility to her mother originating in childhood — did this symptom abate. Here, too, the transference of some properties of the infantile hatred across the repression barrier and its attachment to the preconscious element of towel straightening changed the indifferent, emotional character of the latter into a powerful and intractable impulse.

The reader will observe that the term transferrance used in these two examples is identical with the term transferrance as it is usually used, in the treatment situation when it indicates inappropriately strong feelings of the patient about the analyst. The reason for this identical terminology is that the same process occurs in symptom formation as in the feelings toward the analyst. Indeed, the inappropriate feelings about the analyst are a symptom. For example, a male patient feels an inappropriately strong hostility toward his male analyst. In this case, the old unconscious, infantile hostility toward father has been activated, transferred across the repression barrier and attached to the preconscious element of the analyst. Nor is this « symptom formation about the analyst » undesirable from the point of view of psychoanalytic therapy. On the contrary, the gradual emergence of infantile feelings about the analyst is allowed to occur so that the patient can gradually learn about his unconscious, disturbing predispositions and gradually, bit by bit, overcome them. Thus, transference as used to describe the clinical relationship between the patient and doctor is only a special case of the more general phenomenon which occurs in the formation of neurotic symptoms and in dreams. Here again, one can see how this fits Freud's larger purpose of creating a general model of mind.

This finishes my account of Freud's dream theory. To summarize: Dreams are a picture language translation of a set of latent dream thoughts. In the dreams of some young children this translation is clear and undistorted. It reveals that the instigator of the dream is an unfulfilled wish and that the dream portrays this wish as fulfilled in an hallucinatory manner. The same formula also applied to the dreams of adults, whether they are distorted or understood, intelligible or unintelligible. Here, however, we need the technique of free association to interpret the picture language of the manifest dream, i.e., to retranslate it back into its equivalent latent thoughts. When that is done, a comparison of the latent and manifest thoughts reveals evidence for another realm of mind of which the dreamer was unaware. This archaic, unconscious mind has its own motives, contents, thought connections, and syntactics, or rules of thought transformation, and each of these can and does influence conscious mentation. Indeed, much that is irrational and was previously incomprehensible about humans can be attributed to the influence of the archaic, unconscious mind, whose universality was discovered by the study of dreams.

CRITIQUE OF THE DREAM THEORY

My basic criticism of Freud's dream theory is that he presented no systematic evidence to support each hypothesis that constituted a part of the structure of the theory. All the supporting evidence was anecdotal. It was not controlled for sampling error or observer bias. Specifically, the findings did not include a collection of dreams which was systematically and independently examined by more than one observer for evidence about each hypothesis. For example, Freud's publications did not include data such as 84% of children's dreams reliably showed undisguished wish fulfillment, or 34% of dreams analyzed by free association reliably showed omission; 45% reliably showed allusion; 78% reliably showed displacement; and 56% reliably showed symbolism and 92% showed one or more of such phenomena. The main implication of the absence of such systematic data is that we cannot be confident of the empirical support for each hypothesis in the theory's structure.

Thus from his data we cannot be confident that young children's dream often showed undisguished wish fulfillments, that free association to an element of unknown meaning will reliably lead to its meaning, that condensation, displacement, and plastic representation can be reliably identified, etc. Indeed, in at least one area, there is some reason to doubt the reliability of Freud's observations. Recent systematic observations by Foulkes showed that the manifest dreams of young children do *not* often show wish fulfillment[10]. In summary, none of the hypotheses that together formed the structure of the dream theory was supported by the kind of reliable, systematic, controlled observations that persuasively rule out alternative explanations and produce empirically founded conviction. Consider, in particular, the central question of the meaning of a dream. Can a group of psychoanalysts agree on the meaning of a dream? I don't know. Freud did not offer data on the reliability of dream interpretation. My own limited experience indicates that reliability is not achieved, and I know of no systematic study of this question. The upshot is that until reliability is demonstrated, the entire psychoanalytic enterprise of dream interpretation can be seen as a set of countless private (interpretative) responses which have no reliable public meaning and, therefore, have no empirical meaning.

However, suppose that psychoanalysts could agree on dream meaning. The reliable meaning would not necessarily be a valid meaning. Reliability here might only indicate that psychoanalysts have reliable rules for translating dream images which, however, are unrelated to the dreamer's translation rules.

How does one determine the likeness between the dreamer's and the analyst's meaning of a dream? To the best of my knowledge, Freud did not discuss the crucial issue of how to obtain empirical verification of the validity of dream interpretation. Though that is a very difficult

methodological problem, any empirical dream interpretation system must solve it. This is not the place to discuss so complex a problem in detail. Suffice to say that the validity of a dream interpretation system must be determined in the same way that the validity of any psychological measuring instrument is determined: i.e., by obtaining the correlation between the system's results and the independent results of other instruments that measure or identify the same variables. For example, if the dream meaning is that the dreamer reacts to reliably identifiable psychological stimulus x with reliably identifiable response y, then x should produce y in other, independently observed situations such as waking life and other dreams.

This raises still another question about Freud's dream theory. Suppose that the psychoanalytic system of dream interpretation can be validated. Such a finding does not imply that the valid dream interpretation (e.g., a wish) is the cause or instigator of the dream. A reliable and valid interpretation of the dream is a correlate of the dream experience. To assume that it is responsible for the dream is to make the error of inferring causality from correlation. The only way to determine the psychic cause of the dream is to introduce it experimentally before the dream and predict the dream — and that is no easy task.

I stop here with my criticisms of Freud's dream theory. The implication of the critique is that the theory consists of a collection of still untested hypotheses.

Nevertheless, I believe that Freud was closer to the truth than we sleep lab experimentalists. Indeed, I claim that our failure to find answers to the important questions about dreams (their sources, organization, meaning, and function) reflects the empirical refutation of hypotheses that these questions can be answered in terms of the public (denotative, dictionary) meaning of the manifest dream rather than the private, connotative meaning.

Consider the following: Several studies have investigated the experiential sources of dreams by using strong presleep mental and physical stimuli[11]. They show that we have been unable to establish frequent and clear links between presleep stimuli and the public meanings of dreams. Similarly, during incorporation experiments we have been unable to establish frequent and clear links between external stimuli and the public meanings of dream content[12].

We have also investigated several implicit or explicit hypotheses about the organization of the public meanings of sleep mentation. For example, Dement and Wolpert, in a study of the relation of manifest content of the several REM reports of a night, were unable to find consistent thematic continuity (like the chapters of a book) or repetition of themes[13]. Rechtschaffen and I, in a study of the interrelationships of a night's REM and NREM manifest content, were unable to find any consistent organization other than an occasional repetition of a manifest image[14].

Foulkes and I, in an investigation of the sequence of mental activity over sleep onset, also did not notice any consistent organization of the public meaning of the content of these reports[15,16].
I believe similar conclusions might be made about the functions of dreaming. Originally, of course, we thought that dreaming was synonymous with REM sleep. Now, thanks primarily to Foulkes[15,17,18], we know that mental activity occurs in all stages of sleep and that often this mentation is indistinguishable from REM reports[19,20]. On the basis of this knowledge, it is now, in my view, wrong to consider that REM deprivation is dream deprivation, or that dream deprivation can ever be accomplished without total sleep deprivation. Hence, in my view, the function of dreaming will not be exposed by REM deprivation experiments which are clearly not dream deprivation experiences.

Finally, let me comment on the meaning of dreams. For the most part, laboratory dream researchers have used the public or dictionary meaning of dreams and have failed to explore their private meaning to the dreamer. Here is an illustration of this difference and its implications. Suppose a man reports the following dream: « I am riding a bicycle ». And suppose a laboratory dream researcher, Dr. Smith, wants to find the experiential sources of this dream, its mode of construction, and its meaning. If Dr. Smith were to repeat our laboratory methods of the last twenty years, he would know little of the experiential source unless the subject had participated in the laboratory experiment of the effect of presleep bicycling on dream content. Dr. Smith would have little information about the organization of sleep mentation unless the subject had another dream about bicycling or even traveling and he would have no clues about the meaning and function of dreaming. But suppose Smith adopted Freud's technique of free association. Smith then would ask the subject what came to his mind. And, as this subject recently did for me, suppose the subject responded as follows: « Bicycling immediately brings two things to my mind. In the first place, it is my son's hobby and he's going away to college in the fall and I want to spend my time with him doing the things he likes before he goes off to make his own way. And the second, darker association is that my father died less than a year ago of heart disease — he was an exerciser — he had a stationary bicycle in his basement. I think I need to exercise more strenuously to avoid his fate ». We can stop the association here. The readers who are psychoanalytically oriented can undoubtedly make more of them than we need now pursue. However, it should be clear that this bicycle dream is connected with the deepest feelings about the two most important males in this subject's life — his son and his father. Without asking for private, individual associations rather than public ones, Dr. Smith would have no knowledge of this. If he were looking for the experiential sources of the dream, he would look for bicycles and travel rather than fathers and sons; if he were looking for organization, he would fail to consider the associative paths that lead

from bicycle to the whole emotional constellation that forms around the subject's father and son. Thus, if he were looking for the meaning of this dream, he would completely miss its central significance in this subject's life.

In summary, twenty years of laboratory study, which have probably produced the largest and most systematic collection of dreams in history, have failed to reveal any significant links between the public, dictionary meanings of dreams and their experiental sources, organization, relations to waking mental activity, and function. Clearly the upshot of this failure is consistent with Freud's view that the study of the private meanings of dreams will answer the crucial questions of dream psychology.

G. W. V.

BIBLIOGRAPHY

1 S. FREUD, *The Interpretation of Dreams*, in *The Standard Edition of the Complete Psychological Works of Sigmund Freud*, Vol. 4-5, pp. 1-627, The Hogarth Press, London, 1971.

2 S. FREUD, *Introductory Lectures on Psychoanalysis*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 15, pp. 83-239.

3 D. FOULKES, *The Grammar of Dreams*, Basic Books (in press).

4 S. FREUD, *Fragment of an Analysis of a Case of Hysteria*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 7, pp. 3-122.

5 S. FREUD, *Analysis of a Phobia in a Five-year Old Boy*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 10, pp. 3-149.

6 S. FREUD, *Notes upon a Case of Obsessional Neurosis*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 10, pp. 153-318.

7 S. FREUD, *Psychoanalytic Notes on an Autobiographical Account of a Case of Paranoia (dementia paranoides)*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 12, pp. 3-88.

8 S. FREUD, *From the History of an Infantile Neurosis*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 17, pp. 3-122.

9 S. FREUD, *A Metapsychological Supplement to the Theory of Dreams*, in *The Standard Edition* ..., cit., Vol. 14, pp. 222-235.

10 D. FOULKES, J. D. LARSON, E. M. SWANSON, and M. RARDIN, *Two Studies of Childhood Dreaming*, Amer. J. Orthopsychiat. 39: 627-643, 1969.

11 D. FOULKES, *Presleep Determinates of Dreaming and Dream Content*, in D. FOULKES (ed.), *The Psychology of Sleep*, Charles Scribner's Sons, New York, 1966, pp. 138-153.

12 D. FOULKES, *Stimuli During Sleep as Determinates of Dreaming and Dream Content*, *ibid.*, pp. 154-171.

13 W. DEMENT and E. WOLPERT, *Relationships in the Manifest Content of Dreams Occurring on the Same Night*, J. Nerv. Ment Dis. 126: 568-578, 1958.

14 A. RECHTSCHAFFEN, G. VOGEL, and G. SHAIKEN, *Interrelatedness of Mental Activity During Sleep*, Arch. Gen. Psychiatry 9: 536-547, 1963.

15 D. FOULKES and G. VOGEL, *Mental Activity at Sleep Onset*, J. Abnl. Psych. 70: 231-243, 1965.

16 G. VOGEL, D. FOULKES, and H. TROSMAN, *Ego Functions and Dreaming During Sleep Onset*, Arch. Gen. Psychiatry 14: 238-248, 1966.

17 D. FOULKES, *Dream Reports from Different Stages of Sleep*, J. Abnl. and Soc. Psych. 65: 14-25, 1962.

18 D. FOULKES, *Nonrapid Eye Movement Mentation*, Experimental Neurology, Supplement 4, 1967: *Physiological Correlates of Dreaming*, C. CLEMENTE (ed.), pp. 28-38.

19 D. FOULKES, P. S. SPEAR, and J. D. SYMONDS, *Individual Differences in Mental Activity at Sleep Onset*, J. Abnl. Psych. 71: 280-286, 1966.

20 G. VOGEL, B. BARROWCLOUGH, and D. GIESLER, *Limited Discriminability of REM and Sleep Onset Reports and its Psychiatric Implications*, Arch. Gen. Psychiatry 26: 449-455, 1972.

Un'analisi empirica della teoria freudiana dei sogni

GERALD W. VOGEL
Georgia Mental Health Institute, Dept. of Psychiatry
Emory University School of Medicine, Atlanta (Georgia, USA)

Se esaminassimo le più importanti opere di Freud dedicate ai sogni, *L'interpretazione dei sogni*[1] e le successive undici lezioni[2], credo che non troveremmo un solo passo sul loro impiego in terapia. Quindi lo scopo che si proponeva Freud mentre andava sviluppando la sua teoria del sogno non era quello di individuare una tecnica per utilizzare i sogni nel trattamento psicoanalitico, anzi penso che tale scopo gli fosse estraneo. Procedendo come un naturalista, Freud si proponeva di esplorare zone misteriose della mente umana e di giungere alla loro conoscenza. L'esplorazione era iniziata con lo studio dei sintomi nevrotici. I sogni erano ancora dei fenomeni sconosciuti ma, a differenza dei sintomi nevrotici, essi si manifestavano in tutti gli individui. Lo studio dei sogni, quindi, era un'occasione per conoscere le zone misteriose della mente umana. Per questo motivo, invece di occuparsi del loro uso terapeutico, Freud, nella maggior parte delle sue opere, ricerca dei sogni piuttosto l'origine, la funzione e, in senso più ampio, le inferenze per la costruzione di un modello universale dell'apparato psichico. Questi aspetti della teoria freudiana del sogno affascinano, attirano l'attenzione scientifica, invitano a esaminarne con cura la struttura e i fondamenti empirici.

La mia ricerca su questa teoria si divide in due parti. Nella prima spiegherò in modo accurato e generalmente simpatetico la teoria e le prove che la sostengono. Questa parte metterà in rilievo la struttura empirica della teoria elaborata da Freud e ne descriverà lo sviluppo come il risultato di una sequenza logica di ipotesi, tutte controllate empiricamente. Nella seconda parte questo lavoro consisterà in un esame critico delle relazioni esistenti fra la teoria e i suoi supporti empirici allo scopo di stabilire l'adeguatezza delle prove empiriche alle ipotesi che costituiscono la teoria stessa.

Freud ha lasciato questa testimonianza relativa all'origine del suo interesse per i sogni: « Un giorno qualcuno fece la scoperta che i sintomi patologici di certi pazienti nervosi hanno un senso. Su tale scoperta fu fondato il metodo terapeutico psicoanalitico. Durante questo trattamento avvenne che gli ammalati, al posto dei loro sintomi, producessero anche sogni. Nacque così il sospetto che anche questi sogni avessero un senso »[3].

Descriverò l'indagine condotta da Freud sulla base di questo sospetto (una vera e propria ipotesi se lo traduciamo in termini empirici) senza seguirne lo sviluppo cronologico. Basandomi sui lavori più tardi (la serie di lezioni sui sogni) descriverò invece la teoria del sogno nella ricostruzione più logica che ne diede Freud dopo averla definita per intero e dopo averne chiariti i collegamenti e le implicazioni. Ho tenuto inoltre presente l'intuizione di David Foulkes secondo cui la teoria freudiana può essere considerata in termini linguistici[4].

L'indagine ebbe inizio dal presupposto che esistesse una relazione fra sonno e sogno. Osservando che, dal punto di vista psicologico, « il sonno è uno stato in cui non voglio saper nulla del mondo esterno e che il sonno

migliore è quello privo di sogni »[5], Freud ipotizzò che durante il sonno si verificassero dei processi mentali solo perché degli stimoli involontari interferivano con l'attività psichica. Egli formulò allora questa ipotesi: « il sogno è quindi il modo col quale la psiche reagisce agli stimoli che agiscono durante lo stato di sonno »[6]. L'ipotesi implicava due supposizioni diverse e facilmente verificabili. La prima era che il sogno fosse la reazione agli stimoli corporei che interferiscono con l'attività mentale durante il sonno. Se gli stimoli sono costituiti da eccitazioni corporee insignificanti il sogno sarà insignificante; se invece gli stimoli sono di una qualche intensità il sogno, proprio per questo, li rappresenta assumendo rilevanza.

Sembra tuttavia che esistesse un numero notevole di prove in disaccordo con questa ipotesi. Freud osservò che molti sogni erano tanto incomprensibili o privi di senso che si potevano plausibilmente considerare come le risposte fornite dalla mente a stimoli o ad eccitazioni fisiologiche irrilevanti. Queste le parole usate da Freud: « Per usare un antico paragone, i contenuti di un sogno sono qualcosa di simile ai suoni che si producono quando le dieci dita di una persona del tutto ignara di musica scorrono sulla tastiera di un pianoforte »[7]. Numerose osservazioni, tuttavia, alcune delle quali sperimentali, contrastavano con questa ipotesi. Freud, ad esempio, citando l'opera di Hildabrandt, descrisse tre sogni che erano l'evidente reazione al suono di una sveglia prima che il sognatore si destasse. Tutti e tre contenevano un trillo o un suono di campane. Ciascun sogno tuttavia raffigurava in modo diverso la fonte del suono e in nessuno di essi figurava una sveglia. Inoltre l'ipotesi che i sogni fossero una reazione allo stesso stimolo corporeo non spiegava le diverse interpretazioni dei suoni esistenti nei tre sogni. Altre osservazioni simili, cioè su come lo stesso stimolo organico in vari sogni si raffigurasse in forme completamente diverse (che incidentalmente si adattavano ai diversi temi onirici in corso) determinarono il fallimento dell'ipotesi. C'erano inoltre altre osservazioni contrastanti. Uno stimolo come quello fornito dalla sveglia non spiegava il senso globale del sogno, che non rivelava alcun rapporto con lo stimolo stesso. Infine sembrava che la maggior parte dei sogni abbastanza sensati, lucidi e logici non fossero la reazione ad alcuno stimolo significativo osservabile. Freud concluse che le prove addotte non sostenevano affatto l'ipotesi dei sogni come reazioni a stimoli corporei, ma aggiunse una riserva: gli stimoli esterni o interni provocano talvolta il sogno. Arrivò inoltre alla conclusione che gli stimoli non rivelavano nulla dell'essenza del sogno.

Occorreva dunque imboccare una nuova strada. Freud formulò allora l'ipotesi che i sogni non fossero delle reazioni a stimoli corporei, ma piuttosto dei fenomeni psichici, vale a dire delle reazioni apparentemente incomprensibili a stimoli psichici, ma in realtà fornite di un senso e di un significato. Sorse immediatamente un problema: i sogni allora avrebbero dovuto avere un senso, mentre di fatto apparivano come produzioni ed espressioni del sognatore, le quali normalmente risultano incomprensibili. Per risolvere questo problema, Freud suggerì una tattica apparentemente semplice. Egli scrisse: « Ora che cosa fate voi nel caso che io mi esprima in modo per voi incomprensibile? Mi interrogate, non è vero? Perché non dovremmo fare lo stesso e chiedere al sognatore che cosa il suo sogno significhi? »[8]. Questo procedimento sollevava un altro ostacolo: il sognatore, infatti, diceva di non capire il proprio sogno, di ignorarne la provenienza, il significato (se ce n'era uno) e lo scopo.

Freud procedette imperterrito. Esistevano due diversi ordini di prove a sostegno della teoria che il sognatore sa che cosa significhi il suo sogno, solo che non sa di saperlo e per questo crede di non saperlo. I fenomeni ipnotici dimostravano che era possibile ignorare di sapere ciò che in realtà si sapeva e che in seguito si sarebbe portato alla luce. E i pazienti di Freud spesso dimostravano di ignorare fatti che poi avrebbero ricordato. In questo modo, per verificare che i sogni erano reazioni significative a stimoli psichici

(reazioni che possedevano cioè un significato) occorreva per prima cosa trovare una tecnica che permettesse al sognatore di portare alla luce una conoscenza che egli non sapeva di possedere. Come sappiamo, la tecnica era quella delle associazioni libere. Si chiedeva al sognatore di riferire le associazioni libere (vale a dire senza restrizioni e senza censure) che gli venivano in mente in relazione a ciascuno degli elementi del sogno e di tenere fisso questo elemento come punto di partenza della catena associativa. Il sognatore non doveva tralasciare alcuna associazione, neppure quelle ritenute poco importanti, prive di senso o troppo angosciose.

In relazione ai risultati ottenuti con questa tecnica si potevano formulare due ipotesi. La prima affermava che la catena delle associazioni era determinata dall'elemento del sogno che costituiva il punto di partenza della catena stessa, elemento tenuto sempre presente durante le associazioni libere; la seconda che la catena associativa era determinata da qualche significato sconosciuto connesso col suo punto di partenza. Da queste due ipotesi derivava la stessa conseguenza: la catena avrebbe dovuto rivelare in qualche modo il significato sconosciuto della sua fonte. Ad esempio, la catena poteva prendere inizio da questo significato e riconoscerlo come tale; oppure cominciare da un elemento dotato di una certa proprietà il cui significato attribuiva un senso all'intero sogno; oppure ancora contenere un certo numero di elementi con proprietà comuni tali da mettere in luce il significato del sogno. Freud, sicuramente consapevole che la validità di tutta la sua costruzione dipendeva dalla validità di queste ipotesi, arrivò a dimostrare che il significato ignoto del punto di partenza della catena associativa era rivelato dalla catena stessa e perciò doveva essere il punto di partenza a determinarne il percorso. Egli riportò degli esempi nei quali il significato di una parola o di un numero e la motivazione della loro scelta, apparentemente casuale, erano rivelate attraverso le associazioni libere. Dimostrò con altri esempi che le parole senza senso e i motivi musicali che venivano in mente all'improvviso erano determinati da (e facevano parte di) una catena di pensieri in quel momento rilevante dal punto di vista emotivo. Freud si rifaceva al suo lavoro sui lapsus relativi alle parole, ai numeri e alla memoria, lavoro nel quale aveva dimostrato come la catena associativa che partiva da un lapsus incomprensibile fosse determinato da (e terminava con) il significato e la motivazione del lapsus stesso. Vorrei citare di Freud un esempio convincente che riguardava lui stesso: « Un giorno mi accorgo di non riuscire a ricordare il nome di un minuscolo stato in Riviera che ha per capitale *Montecarlo*. È davvero irritante, ma è così. Mi sprofondo in tutto quanto so di questo paese, penso al principe Alberto della casa dei Lusignano, ai suoi matrimoni, alla sua predilezione per le esplorazioni delle profondità marine e a quant'altro so mettere insieme, ma non mi serve a nulla. Rinuncio quindi a riflettere e, al posto di quello dimenticato, mi faccio venire in mente nomi sostitutivi. Vengono rapidamente: lo stesso *Montecarlo*, poi *Piemonte*, *Albania*, *Montevideo*, *Colico*. In questa serie mi colpisce dapprima *Albania*, che viene sostituita subito da *Montenegro*, certo per la contrapposizione di 'bianco' (*albus*) e 'nero'. Poi vedo che quattro di questi nomi sostitutivi contengono la stessa sillaba *mon*; improvvisamente afferro la parola dimenticata e esclamo ad alta voce: 'Monaco!'. I nomi sostitutivi sono dunque veramente scaturiti da quello dimenticato: i primi quattro dalla prima sillaba mentre l'ultimo riproduce la sequenza delle sillabe e l'intera sillaba finale. Inoltre sono in grado anche di trovare facilmente che cosa mi ha temporaneamente sottratto il nome. Monaco, in italiano, è anche il nome di Münich; è questa città che ha esercitato l'influsso inibitorio »[9].

Da questo genere di prove egli dedusse che « le idee associate all'elemento onirico saranno determinate sia dall'elemento onirico stesso sia dal materiale inconscio che gli sta dietro »[10].

I fondamenti della teoria dei sogni erano stati gettati. La supposizione che i sogni fossero reazioni psichiche a degli stimoli

aveva generato due ipotesi apparentemente verificabili. L'ipotesi che i sogni fossero le risposte a stimoli corporei era stata confutata su basi empiriche, poiché si erano osservati parecchi esempi contrastanti. La ipotesi che i sogni fossero risposte a stimoli psichici, quindi forniti di un senso comprensibile ed esprimessero uno scopo o un'intenzione intelligibile inserita nel contesto di un processo mentale comprensibile durante lo stato di veglia, era di importanza vitale se si voleva dimostrare che i sogni incomprensibili potevano essere tradotti attendibilmente in processi mentali forniti di significato. Applicando la tecnica delle associazioni libere ai fenomeni non onirici, Freud aveva dimostrato che processi mentali apparentemente incomprensibili possedevano in realtà un significato. Questo stesso metodo rendeva accessibili anche gli elementi incomprensibili del sogno. Tali considerazioni, d'altronde, erano già presenti nell'interpretazione della natura del sogno che era all'origine della teoria di Freud: gli elementi del sogno non erano materiali originali, ma sostituzioni di qualcosa di sconosciuto al sognatore, pur essendo accessibili per mezzo delle associazioni libere. Per usare la sua terminologia, il sogno così come si presenta è il sogno manifesto — i materiali sconosciuti sono chiamati i contenuti latenti del sogno e la loro caratteristica di essere sconosciuti sebbene presenti nella mente fa sì che possiamo chiamarli inconsci.

Illustrerò ora questa interpretazione della natura del sogno e della tecnica per portarne alla luce il significato citando l'analisi di un sogno fatta da Freud: « Una giovane signora, che però è già sposata da molti anni, sogna: si trova con suo marito a teatro, una parte della platea è completamente vuota. Suo marito le racconta che anche Elise L. e il suo fidanzato avrebbero voluto venirci, ma avevano trovato solo brutti posti, tre per 1 fiorino e 50 centesimi, e non potevano certo prenderli. Lei è del parere che non sarebbe poi stata una disgrazia ». (Fine del sogno). « La prima cosa che la sognatrice ci riferisce è che lo spunto del sogno è accennato nel suo contenuto manifesto. Suo marito le aveva effettivamente raccontato che Elise L., una conoscente a lei pressapoco coetanea, si era appena fidanzata allora. Il sogno è la reazione a questa comunicazione. Sappiamo già che per molti sogni è facile indicare uno spunto come questo tratto dal giorno prima, e che questa provenienza viene riferita spesso senza difficoltà dal sognatore. Informazioni dello stesso genere ci vengono messe a disposizione dalla sognatrice anche per altri elementi del sogno manifesto. Da dove proviene il particolare che una parte della platea è vuota? Si tratta di un'allusione a un fatto reale della settimana precedente. Essa si era proposta di andare a una certa rappresentazione teatrale e al tal fine aveva preso i biglietti *per tempo*, tanto per tempo che dovette pagare la tariffa di prenotazione. Quando giunsero a teatro, si dimostrò quanto superflua era stata la preoccupazione, perché *un lato della platea era quasi vuoto*. Avrebbe fatto in tempo se avesse comperato i biglietti il giorno stesso della rappresentazione. Il marito non tralasciò di punzecchiarla per questa preoccupazione. Da dove vengono le cifre: 1 fiorino e 50 centesimi? Da un nesso del tutto diverso, che non ha nulla a che vedere con il precedente, ma che allude ugualmente a una notizia del giorno prima. Sua cognata aveva ricevuto in dono dal marito 150 fiorini e non aveva trovato nulla di più urgente da fare, quell'oca, che correre dal gioielliere e farsi dare un gioiello al posto del denaro. Donde viene il 'tre'? A questo proposito essa non sa nulla, a meno che non si voglia accettare per buona l'idea che la fidanzata, Elise L., è di soli tre mesi più giovane di lei, sposata ormai da quasi dieci anni. E l'assurdità di prendere tre biglietti se si è solo in due? Riguardo a ciò essa non dice nulla e rifiuta ogni altra associazione e informazione.

Tuttavia, nelle sue poche associazioni, la sognatrice ci ha fornito tanto materiale che in base ad esso diventa possibile individuare i pensieri onirici latenti. Non può non colpirci il fatto che in parecchi punti delle sue

comunicazioni relative al sogno appaiono determinazioni di tempo, le quali attestano l'esistenza di un carattere comune tra diverse parti del materiale. Essa ha provveduto ai biglietti per il teatro *troppo presto*, li ha presi *precipitosamente*, tanto da doverli pagare di più; similmente la cognata si è *affrettata* a portare il suo denaro al gioielliere per comperarsi un gioiello, quasi che questo altrimenti le sfuggisse. Se al tanto accentuato 'troppo presto', 'precipitosamente', aggiungiamo lo spunto del sogno — la notizia che l'amica *più giovane* di soli tre mesi ha tuttavia trovato ora un buon marito — e la critica espressa nell'ingiuria rivolta alla cognata, cioè che era stato *assurdo* precipitarsi a quel modo, ci si presenta quasi spontaneamente la seguente ricostruzione dei pensieri onirici latenti, dei quali il sogno manifesto è un sostituto fortemente deformato: 'È stato *assurdo* da parte mia affrettarmi tanto a sposarmi! L'esempio di Elise mi fa vedere che avrei trovato un marito anche più tardi'. (La precipitazione è rappresentata dal suo comportamento nell'acquisto dei biglietti e da quello della cognata nell'acquisto del gioiello. Come sostituto dello sposarsi subentra l'andare a teatro). Questo sarebbe il pensiero principale; forse possiamo proseguire — benché con minore sicurezza perché l'analisi dovrebbe basarsi anche in questi punti su osservazioni della sognatrice —: 'E con quel denaro ne avrei trovato uno cento volte migliore (150 fiorini sono cento volte 1 fiorino e 50 centesimi)'. Se al posto del denaro potessimo mettere la dote, ciò significherebbe che ci si compra il marito con la dote; tanto il gioiello quanto i cattivi biglietti starebbero al posto del marito. Sarebbe ancora più desiderabile se proprio l'elemento 'tre biglietti' avesse qualcosa a che fare con un uomo. Ma la nostra comprensione non giunge ancora fino a questo punto. Abbiamo scoperto soltanto che il sogno esprime la *svalutazione* del proprio marito e il rimpianto di essersi *sposata tanto presto*. A mio giudizio, più che soddisfatti, saremo sorpresi e sconcertati dal risultato di questa prima interpretazione onirica. Troppe cose in una sola volta ci piombano addosso, più di quante possiamo per ora padroneggiare. Ci rendiamo conto subito che non riusciremo a sfruttare tutti gli insegnamenti di questa interpretazione. Affrettiamoci a sceverare gli elementi conoscitivi nuovi che riusciamo a individuare con certezza.

Primo: è strano come nei pensieri latenti l'accento cada principalmente sull'elemento della precipitazione; nel sogno manifesto non ve n'è traccia. Senza l'analisi non avremmo potuto avere alcun sospetto che questo fattore svolga un qualsiasi ruolo. Sembra dunque possibile che nel sogno manifesto manchi proprio la cosa principale, il punto centrale dei pensieri inconsci. Ciò non può non mutare sostanzialmente l'impressione suscitata dal sogno nel suo complesso. Secondo: nel sogno si trova una combinazione assurda, tre per 1 fiorino e 50 centesimi; nei pensieri onirici indoviniamo la proposizione: 'è stato assurdo (sposarsi così presto)'. Si può negare forse che questo pensiero, 'è stato assurdo', venga raffigurato nel sogno manifesto proprio per mezzo dell'introduzione di un elemento assurdo? Terzo: uno sguardo comparativo insegna che la relazione tra elementi manifesti e latenti non è semplice, in nessun caso è una relazione tale per cui un elemento manifesto sostituisce sempre un elemento latente. Tra i due campi deve piuttosto esserci una relazione d'insieme, entro la quale un elemento manifesto può rappresentare vari elementi latenti e uno latente può essere sostituito da più elementi manifesti.

Per quanto riguarda il senso del sogno e l'atteggiamento della sognatrice nei suoi confronti, ci sarebbero ugualmente molte cose sorprendenti da dire. Ella accetta l'interpretazione, ma se ne meraviglia. Non sapeva di aver così poca stima per suo marito e non sa nemmeno *perché* dovrebbe stimarlo così poco. Rimangono quindi molti aspetti incomprensibili. Credo davvero che non abbiamo ancora un'attrezzatura sufficiente per interpretare un sogno e che ci occorre una ulteriore istruzione e preparazione »[11].

Freud dunque, come abbiamo visto, vorrebbe dimostrare che un sogno incom-

prensibile all'apparenza era in realtà la risposta significativa a uno stimolo psichico, ma, come egli stesso dice, occorreva una preparazione più approfondita per confermare e comprendere a pieno questa osservazione. E ciò non solo a causa degli interrogativi volutamente ingenui e privi di risposte che egli solleva, ma piuttosto per il fatto che l'interpretazione suggeriva nuove o più generali domande sulla natura del sogno. Innanzitutto, qual era la peculiarità dell'evento che aveva prodotto il sogno e che era stato rivelato dall'interpretazione e quali caratteristiche generali lo differenziavano dagli eventi che non producevano sogni? Secondo, era possibile scoprire alcune delle regole che trasformavano i pensieri onirici latenti in immagini manifeste? Terzo, per quale motivo i sogni, che erano fenomeni psichici espressi per mezzo di un linguaggio particolare, si servivano proprio di questo linguaggio e non usavano quello dello stato di veglia? Quarto, nulla in questa analisi metteva in luce la funzione del sogno. A quale scopo serviva dunque?

Esaminando i sogni dei bambini di quattro-cinque anni Freud trovò le prime risposte ad alcune di queste domande, risposte che diventano ipotesi da verificare nei sogni degli adulti. Freud aveva scelto i sogni infantili poiché li trovava « brevi, chiari, coerenti, facili da comprendere e inequivocabili »[12]. Queste caratteristiche eliminavano la necessità di dover ricorrere alle associazioni libere. Inoltre, come vedrete, avendo a disposizione solo poche note informative sulla vita dei bambini, risultava chiaramente che i sogni erano reazioni evidenti ad esperienze fatte il giorno prima; non solo, ma erano anche reazioni significative a stimoli psichici. Freud cita tre esempi.

Un bambino di 22 mesi, nel fare gli auguri, deve offrire in dono un cestino di ciliegie. Il mattino seguente racconta di aver sognato: « Hermann mangiato tutte le ciliegie ».

Un bambino di tre anni e tre mesi attraversa per la prima volta un lago. Al momento di scendere non vuole lasciare la barca e si mette a piangere amaramente. Il mattino seguente annuncia: « Stanotte sono stato sul lago ».

Un bambino di cinque anni e tre mesi viene portato in gita su di una montagna in cima alla quale si trovava il rifugio Simony, che egli poteva scorgere col cannocchiale e per il quale dimostrava un grande interesse. Ma, con suo grande disappunto, non riuscì a raggiungerlo durante la passeggiata. Il mattino dopo raccontò tutto beato: « Stanotte ho sognato che siamo stati al rifugio Simony ».

Freud trasse da questi sogni le seguenti conclusioni:

1) « Il sogno infantile è la reazione a una esperienza diurna che ha lasciato dietro di sé un rammarico, una nostalgia, un desiderio irrisolto »[13]. Il sogno — e Freud sottolinea questo punto — recava l'appagamento diretto, scoperto, di questo desiderio. Generalizzando questa conclusione sui sogni infantili, formulò un'ipotesi valida per tutti i sogni: le cause reali dei sogni erano i desideri inappagati.

2) Tutti i sogni dei bambini erano esenti da deformazioni, ad eccezione di uno (il pensiero latente: « Io voglio questa cosa » veniva trasformato in un'esperienza: « Io ho fatto questa cosa »). Anche in questo caso Freud compì una generalizzazione e dedusse la seguente ipotesi, valida anche per i sogni degli adulti: un pensiero (che esprimeva un desiderio) veniva trasformato in un'esperienza allucinatoria che rappresentava l'appagamento del desiderio.

Infine, come conseguenza delle ipotesi formulate in precedenza, e cioè (1) che il sonno migliore era quello in cui l'attività psichica non era turbata da stimoli, (2) che i sogni erano una reazione a stimoli psichici prodotti da un desiderio inappagato che continuava ad agire durante il sonno e (3) che il sogno costituiva un appagamento allucinatorio di quel desiderio, Freud concluse che i sogni proteggevano il sonno dalle perturbazioni provocate da desideri inappagati. In breve, la funzione del sogno era quella di eliminare tali perturbazioni.

Naturalmente si trattava soltanto di ipotesi e per di più dedotte dai sogni intelligibili e non deformati dei bambini, ipotesi che occorreva verificare sui sogni degli adulti, spesso distorti e incomprensibili, la cui interpretazione richiedeva il ricorso alle associazioni libere. Tuttavia, anche senza ricorrere a questa tecnica, esisteva una categoria di sogni non infantili che poteva avvalorare l'ipotesi del sogno come appagamento di un desiderio e protezione del sonno: i sogni degli adulti che erano costretti a vivere in gravi disagi rappresentavano il soddisfacimento dei bisogni presenti durante la veglia. Esploratori e prigionieri affamati sognavano soltanto cibo; persone assetate e disidratate sognavano acqua e bevande di ogni tipo; chi era impedito ad avere esperienze sessuali sognava gratificazioni di sesso. Freud sosteneva che anche gli usi linguistici e i proverbi (quasi affondassero le radici in domini a noi ignoti) confermavano l'ipotesi dell'appagamento di un desiderio. Il termine « sognare ad occhi aperti », come si sa, esprime l'appagamento fantastico di desideri ambiziosi o erotici. Un proverbio afferma che « il porco sogna le ghiande, l'oca il granturco ». Tuttavia Freud non si accontentò, per la sua teoria sui sogni, di supporti indiretti come questi, ma sentì il bisogno di verificarla sui sogni degli adulti, così spesso distorti e incomprensibili. Per questo motivo cercò di capire come si struttura la deformazione onirica, volle cioè trovare le regole generali che presiedono alla trasformazione dei pensieri latenti in contenuti manifesti e individuare quindi le motivazioni che stanno alla base di queste peculiari trasformazioni linguistiche.

Iniziò dalla descrizione e dalla classificazione dei vari tipi di deformazione onirica. Il passo successivo fu quello di indagarne la funzione. È bene ricordare, per inciso, che con il termine « deformazione onirica » Freud designava non solo gli elementi strani e incomprensibili di un sogno, ma anche tutte le espressioni oniriche il cui contenuto manifesto non costituisse l'esatta riproduzione dei pensieri onirici latenti.

Descrisse tre tipi di deformazione: l'omissione, l'allusione o modificazione e lo spostamento; il contenuto manifesto del sogno poteva cioè deformare i pensieri latenti omettendoli, rappresentandoli indirettamente per mezzo di allusioni o di modificazioni oppure spostando l'accento posto dal sogno su un certo elemento del contenuto latente a un altro elemento del contenuto manifesto. Ritorniamo per un attimo al sogno del teatro nel quale troviamo un esempio di spostamento d'accento. In primo piano nei pensieri latenti si trovava la precipitazione: un matrimonio affrettato, i biglietti presi per tempo, l'acquisto precipitoso dei gioielli, ma questo elemento centrale non appariva però nel sogno manifesto, nel quale l'accento era posto sull'andare a teatro e sull'acquisto dei biglietti. L'analisi del sogno ci fornisce anche un esempio di allusione o modificazione: poiché i biglietti erano stati acquistati in anticipo, i posti vuoti a teatro alludevano a un matrimonio affrettato. Un esempio di deformazione per omissione è presente in un sogno riferito durante la prima guerra mondiale da una rispettabile signora di cinquant'anni. Nel sogno, che è troppo lungo per essere riportato per intero, la signora si recava in un ospedale militare a offrire un servizio volontario. Pronunciava la parola 'servizio' in modo tale che l'ufficiale medico capiva si trattasse di un 'servizio d'amore'. In parecchie occasioni durante il sogno la signora e l'ufficiale, quando si trattava di definire esplicitamente questo servizio, cominciavano a borbottare in modo incomprensibile e a omettere delle parole. La sognatrice stessa poi condannava il proprio sogno dicendo: « E questa orribile, stupida roba la sogna una donna di cinquant'anni, che non ha altro in mente giorno e notte che la preoccupazione per suo figlio! »[14]. Nel sogno manifesto veniva quindi omesso qualche cosa che era sentito come ripugnante e sconcertante. Da questi esempi e da altri tratti dalla sua esperienza analitica Freud concluse che alcune deformazioni oniriche hanno la funzione di censurare pensieri latenti ripugnanti e inaccettabili, proprio come la censura sulla stampa può eliminare o mo-

dificare le informazioni sgradite alle autorità superiori. Naturalmente Freud trasse queste conclusioni sulla base di parecchi sogni e sull'osservazione di numerosi impulsi ritenuti sconvenienti. La sua esperienza con i pazienti che rivelavano a lui e a se stessi i più reconditi segreti, indicava che in tutti gli uomini albergavano, senza che essi se ne rendessero conto, gli impulsi più terribili: sentimenti di odio, desideri di vendetta e di morte nei confronti di estranei e delle persone più prossime e più care, impulsi sessuali non solo per le mogli e i mariti di altri, ma spesso anche per oggetti incestuosi: madri, padri, sorelle e fratelli. Erano questi gli impulsi che emergevano durante il sonno e che venivano censurati nel sogno manifesto. Forse questa scoperta suscita in voi indignazione. Ecco la risposta di Freud: « Non mi riferisco a come voi possiate apparire a voi stessi, ma avete trovato davvero tanta benevolenza nei vostri superiori e concorrenti, tanta cavalleria nei vostri nemici e così scarsa invidia nella società di cui fate parte, da sentirvi obbligati a pronunciarvi contro la componente egoistica e malvagia della natura umana? Non vi è noto quanto l'uomo medio sia incapace di dominarsi e indegno di affidamento in tutte le faccende della vita sessuale? O forse non sapete che tutte le soverchierie e le trasgressioni di cui sogniamo durante la notte vengono compiute davvero quotidianamente da uomini svegli in forma di delitti? Che altro fa qui la psicoanalisi se non confermare l'antico detto di Platone secondo il quale i buoni sono coloro che si accontentano di sognare ciò che gli altri, i cattivi, fanno realmente?

E ora, prescindendo dagli aspetti individuali, volgete lo sguardo alla grande guerra che continua a devastare l'Europa; pensate all'eccesso di brutalità, di crudeltà e di falsità che dilaga attualmente nel mondo civile. Credete veramente che un pugno di arrivisti e di corruttori senza coscienza sarebbe riuscito a scatenare tutti questi spiriti maligni, se milioni di uomini al loro seguito non avessero anch'essi la loro parte di colpa? Osate anche in queste circostanze spezzare una lancia in favore dell'esclusione del male dalla costituzione psichica dell'uomo?

Replicherete che giudico la guerra unilateralmente; che essa ha messo in luce anche la parte più bella e più nobile degli uomini, il loro eroismo, il sacrificio di sé, il loro senso sociale. Questo è vero; tuttavia non rendetevi qui complici dell'ingiustizia che si è commessa così spesso nei riguardi della psicoanalisi, rimproverandole di rinnegare una cosa perché ne afferma un'altra. Non è nostra intenzione misconoscere le nobili aspirazioni della natura umana, né abbiamo mai fatto alcunché per diminuirne il valore. Al contrario; io non vi mostro soltanto i desideri cattivi censurati nel sogno, ma anche la censura che li reprime e li rende irriconoscibili. Ci soffermiamo con maggior insistenza sulla malvagità dell'uomo solo perché gli altri non vogliono ammetterla, con il risultato non di rendere migliore la psiche umana, ma di renderla incomprensibile. Se rinunceremo alla valutazione unilateralmente etica, potremo certamente trovare una formula più corretta per quanto riguarda il rapporto tra il bene e il male nella natura umana »[13].

Insisto sul significato che questa concezione della natura umana ha per la teoria dei sogni e le sue implicazioni. Freud concluse che la deformazione onirica, la differenza cioè tra il sogno manifesto e i pensieri latenti, era, almeno in parte, il risultato dell'azione della censura sulle pulsioni inaccettabili che affioravano durante il sonno. Alcune di queste pulsioni tuttavia non comparivano solo in pazienti nevrotici. L'analisi dei sogni deformati di persone che non presentavano sintomi nevrotici rivelava che anch'esse non avevano coscienza di una sfera della loro mente, una sfera popolata dai motivi più selvaggi e insospettati. Trae origine da qui il modello di un apparato psichico diviso in due parti suggerito appunto dall'interpretazione dei sogni.

La censura, d'altra parte, non era l'unica responsabile della deformazione onirica. Freud osservò che talvolta, durante l'analisi

dei sogni, non si riusciva, per quanto ci si sforzasse e si insistesse, a far emergere alcuna associazione; oppure, se ciò avveniva, l'associazione non appariva significativa all'interno del contesto interpretativo. Egli osservò inoltre che questo scarto compariva regolarmente in relazione a determinati elementi manifesti. Se però questi elementi venivano costantemente tradotti ricorrendo a particolari sostituzioni, ciò che prima era incomprensibile diventava un insieme intelligibile di pensieri onirici latenti. Freud chiamò simbolica la relazione costante tra l'elemento onirico manifesto e quello latente. In precedenza egli aveva sostenuto che il significato degli elementi del sogno era idiosincratico e privato. Ciascun sognatore possiede un proprio vocabolario, che spesso cambia di notte in notte, in base al quale traduce il contenuto latente in quello manifesto. Per imparare a riconoscere il significato dei propri sogni è necessario consultare, ricorrendo alle associazioni libere, questo vocabolario privato. Ora, a proposito degli elementi simbolici, Freud affermava che il vocabolario delle traduzioni era pubblico e universale.

Poiché il sognatore non era in grado di trovare il significato dei simboli onirici, come era possibile scoprire tale significato? In realtà esistevano diverse fonti che potevano essere di aiuto in questa ricerca: fiabe, miti, religioni, arte, linguaggi, facezie, motti di spirito, usanze e canzoni popolari, consuetudini, proverbi e usi linguistici poetici e colloquiali. Inoltre, qualunque fossero le sue fonti, il linguaggio simbolico universale veniva usato in molte situazioni sia durante la veglia sia durante il sogno. Ho scelto due esempi di rappresentazioni simboliche per illustrare il genere di prova addotto da Freud per dimostrare come un pensiero latente si traduceva in un simbolo manifesto.

Nel sogno manifesto una partenza o un viaggio stava a rappresentare simbolicamente un pensiero latente di morte. Freud trovò che anche durante lo stato vigile si faceva comunemente ricorso a questa rappresentazione simbolica: quando i bambini, ad esempio, facevano delle domande sulla morte di qualcuno, spesso si rispondeva loro che la persona deceduta era partita per un viaggio. Shakespeare usava la stessa relazione simbolica quando parlava dell'aldilà come di « un paese non ancora scoperto dal cui confine nessun viaggiatore ritorna ». Nel linguaggio di ogni giorno si parla comunemente dell'« ultimo viaggio ». Presso le antiche culture, ad esempio in Egitto, esisteva l'idea di un viaggio nel paese dei morti, e infatti le mummie erano fornite di una guida, chiamata *Libro dei Morti*, con la quale intraprendevano il viaggio. Un altro esempio di rappresentazione simbolica riportato da Freud è quello relativo ai genitali femminili, che vengono simbolizzati da oggetti che racchiudono uno spazio capace di contenere dentro di sé qualche cosa, come cavità, pozzi, bottiglie, tronchi, scatole, astucci, armadi, navi ecc. Era facile dimostrare che questo simbolismo veniva usato anche durante la veglia. La vagina infatti è familiarmente paragonata a una scatola. Una donna può essere definita insolentemente « una vecchia scatola »*. Nel Nuovo Testamento la donna viene chiamata « vaso di coccio ». Nella letteratura ebraica si trova la rappresentazione simbolica della donna come una casa la cui porta sta per l'orifizio vaginale. Etimologicamente la parola tedesca *schiff* (nave), che casualmente è di genere femminile, deriva da un vocabolo che originariamente designava un recipiente di argilla.

Anche se non avessi problemi di spazio, non avrei molte altre rappresentazioni simboliche da elencare a questo punto, poiché, come dice Freud, l'ambito delle cose simbolizzate nel sogno non è grande: il corpo umano nel suo insieme, i genitori, i figli, i fratelli, la nascita, la morte, la nudità, i genitali e l'attività sessuale. La lista è dunque composta dagli elementi che costituiscono i punti di riferimento fondamentali della vita umana in tutte le culture, e proprio per tale ragione Freud concluse che i simboli erano presenti ovunque. Questa scoperta confermava ulteriormente il suo modello generale dell'apparato psichico. Gli uomini dunque

non solo avevano propositi inconsci e pulsioni provenienti da un insieme di motivazioni comuni, inconscie e inaccettabili, ma la presenza di simboli universali suggeriva l'ipotesi che la mente possedesse una serie innata di trasformazioni linguistiche.

Ma torniamo alla costruzione freudiana della teoria del sogno e riprendiamo dal nostro punto di partenza. Il sogno manifesto, dunque, era una traduzione, ridotta in immagini visive, dei pensieri onirici latenti. Dai sogni dei bambini più piccoli, dove queste traduzioni erano semplici e prive di deformazioni, Freud aveva dedotto che i sogni rappresentavano l'appagamento di un desiderio che disturbava il sonno. Il sogno non deformato di un bambino ne proteggeva dunque il sonno. Sorgeva a questo punto una domanda: era possibile applicare questa teoria ai sogni deformati degli adulti? La risposta esigeva una indagine sulla deformazione onirica. Questa indagine dimostrò che i pensieri onirici latenti venivano deformati da omissioni e da allusioni, subivano cioè una deformazione motivata dal bisogno di censurare desideri scabrosi e inaccettabili. Tali pensieri venivano poi ulteriormente deformati dalle rappresentazioni simboliche e da un quarto processo, la rappresentazione plastica (i mutamenti prodotti dalla trasposizione dei pensieri in immagini visive). Queste quattro relazioni tra elementi latenti ed elementi manifesti — omissione, allusione, simbolizzazione e rappresentazione plastica — costituivano i modi in cui i contenuti latenti venivano trasformati in contenuti manifesti, formavano cioè quel processo che Freud chiamò « lavoro onirico ».

Eravamo arrivati a questo punto della discussione sulla deformazione onirica quando abbiamo fatto una digressione per esaminare i simboli. Ritorniamo dunque all'indagine freudiana sulla deformazione onirica.

Freud si domandò: se confrontassimo, nel suo insieme, il contenuto latente del sogno con il contenuto manifesto, quali sarebbero i risultati prodotti da queste quattro forme di trasformazione degli elementi onirici?

Nei sogni venivano riscontrati soltanto tre effetti del lavoro di trasformazione.

In primo luogo la condensazione, vale a dire il processo per cui il contenuto del sogno manifesto era più povero rispetto a quello dei pensieri onirici latenti. La condensazione si attuava con l'omissione degli elementi latenti, oppure con l'apparizione nel sogno manifesto di un frammento solo dell'elemento latente, oppure con la combinazione in un unico elemento manifesto di alcune proprietà appartenenti a molteplici elementi latenti. Abbiamo visto un esempio di omissione nel sogno dei 'servizi d'amore' fatto dalla signora cinquantenne; la combinazione di alcune caratteristiche costituisce probabilmente il modo più frequente di condensazione, quello che anche voi riconoscerete facilmente nei vostri sogni. Una persona composita ha, per esempio, l'aspetto di A, è vestita come B e compie un'azione che di solito viene associata a C. Freud notò che questo tipo di condensazione non compariva solo nel lavoro onirico. Egli la riconobbe anche nei motti di spirito e nella mitologia (ricordiamo ad esempio il minotauro).

Il secondo è lo spostamento, il trasferimento cioè dell'accento posto su di un determinato elemento latente a un diverso elemento manifesto o l'attribuzione di una qualità appartenente a un elemento latente ad altro elemento manifesto. Ne abbiamo visto un esempio nel sogno del teatro fatto dalla giovane signora, in cui al centro dei pensieri onirici latenti si trovava un senso di eccessiva precipitazione che non compariva nel sogno manifesto, dove invece l'accento veniva posto sul teatro e sui biglietti. Un altro genere di spostamento è costituito dalla sostituzione di un elemento latente con un elemento manifesto che ad esso allude soltanto. Ad esempio, nel sogno del teatro i posti vuoti in platea alludevano all'elemento latente costituito dal senso di precipitazione, di fretta eccessiva. Lo spostamento, notava ancora Freud, non compare solo nei sogni, ma è frequente anche in poesia e nei motti si spirito. Egli cita questo aneddoto: « Un fabbro di villaggio

si era macchiato di un crimine meritevole della pena di morte. Il tribunale decise che la colpa venisse espiata, ma poiché il fabbro era l'unico del villaggio ed era indispensabile, mentre di sarti ce n'erano tre, al suo posto fu impiccato uno di questi tre »[16].

Il terzo è la rappresentazione plastica, vale a dire la trasformazione dei pensieri in immagini (plastico viene qui usato nel suo significato originale di 'fornito di una forma, scolpito'). La rappresentazione plastica spiegava anche alcune delle deformazioni che avvenivano quando i pensieri onirici latenti si trasformavano nel sogno manifesto. Immaginate di dover tradurre un articolo in immagini; vi sarà facile raffigurare le parole indicanti oggetti concreti e attività, ma incontrerete grandi difficoltà quando dovrete raffigurare idee astratte e relazioni logiche come *poiché*, *tuttavia*, *o... o...*, *e non*. Nel caso delle astrazioni sarete costretti a usare alcuni accorgimenti con i quali rendere concrete le idee astratte o specificarle nei loro particolari. Ecco un esempio di come diventa concreto un pensiero latente: il pensiero onirico « Devo rivedere un passo zoppicante di un mio scritto » si trasforma nell'immagine visiva « Mi vedo piallare un pezzo di legno ». In un altro esempio il pensiero latente che un certo direttore d'orchestra era di gran lunga il più bravo di tutti (potremmo dire che torreggiava sugli altri) veniva rappresentato nel sogno manifesto con un'alta torre al centro del palcoscenico.

Questi tre risultati: condensazione, spostamento e rappresentazione plastica comprendevano tutti i processi del lavoro onirico. Tutte le altre cose che comparivano nel sogno — valutazioni, critiche, progetti — Freud le considerava frammenti di pensieri onirici latenti passati inalterati, o con lievi modificazioni, nel sogno manifesto.

Freud aggiunse al suo modello dell'apparato psichico altre generalizzazioni tratte dai suoi studi sui sogni. Ricorderete che il modello descriveva una zona inconscia la quale comprendeva quasi unicamente contenuti motivazionali e cognitivi. Le conclusioni di Freud sul lavoro onirico aggiungevano che la zona inconscia si esplicava attraverso un'unica forma di pensiero. Se lo confrontiamo col pensiero intenzionale usato durante lo stato vigile, vediamo che il lavoro onirico si avvale di un linguaggio figurato e di equivalenti metaforici.

In realtà Freud considerava questo genere di pensiero come una modalità arcaica, quasi il residuo di un linguaggio (o di una fonte linguistica) primitivo, antico, ormai scomparso, ma universale. Questo punto di vista si accordava con la sua scoperta che gli eventi fondamentali della vita umana erano rappresentati simbolicamente in modo simile da tutte le culture. Si accordava anche con alcuni studi sulle lingue antiche e primitive. Freud notò che « un elemento del sogno manifesto, il quale è in grado di avere un contrario, può significare ugualmente sé o il suo contrario [...]: solo il senso può decidere quale traduzione si debba scegliere »[17]. Un'analogia, come egli faceva notare, ci veniva fornita dalle lingue più antiche, in cui contrari come forte/debole, chiaro/scuro, grande/piccolo venivano espressi con la medesima parola. Così nell'antico egizio *ken* significava originariamente forte e debole insieme e la scelta tra i due significati era determinata dall'intonazione della voce.

La modalità del pensiero propria dei sogni, dunque, rifletteva una regressione a forme arcaiche e primitive. Freud affermava che il contenuto dei sogni esprimeva una regressione a uno stadio primitivo, in questo caso a esperienze infantili dimenticate che diventavano accessibili durante la vita onirica.

Egli scrisse, ad esempio: « Sognai una volta, in un certo contesto, di una persona che doveva avermi reso un servizio e che vedevo distintamente davanti a me. Si trattava di un uomo privo di un occhio, di piccola statura, grasso, la testa profondamente incassata nelle spalle. Dal contesto stabilii che era un medico. Per fortuna potei chiedere a mia madre, ancora vivente, che aspetto avesse il medico del mio paese natale, da me lasciato a tre anni, e appresi da lei che era privo di un occhio, piccolo, grasso, la

testa profondamente incassata nelle spalle; appresi anche in occasione di quale infortunio da me dimenticato egli mi aveva prestato aiuto »[18].

L'ipotesi che durante la vita onirica emergevano esperienze infantili trovava un'altra e più importante conferma, come ricorderete, nelle conclusioni cui era giunto in precedenza Freud, e cioè che a suscitare i sogni erano spesso desideri sessuali così scabrosi e stravaganti da rendere necessario l'intervento della censura e della deformazione. Egli sosteneva che questi desideri ripugnanti e inaccettabili si formavano durante l'infanzia e continuavano ad esistere a livello inconscio durante l'età adulta, quando potevano essere riattivati da esperienze specifiche.

Freud traeva inoltre le prove a sostegno di queste importanti conclusioni dal lavoro analitico con i suoi pazienti nevrotici, dai sogni dei pazienti non nevrotici e dall'osservazione diretta dei bambini.

Ecco come dimostrava la presenza di sentimenti ostili nei bambini: « Un bambino piccolo non ama necessariamente i fratelli e sorelle. Spesso palesemente non li ama affatto. È indubbio che egli odia in essi i propri concorrenti. Espressioni quali: 'Non mi piace proprio; voglio che la cicogna se lo porti via' sono assai frequenti. I motivi che stanno alla base di questi sentimenti sono la rivalità per l'amore dei genitori, per la proprietà comune, per lo spazio in cui muoversi »[19]. Non voglio qui suffragare questa prova con elementi ricavati da trattamenti psicoanalitici; se desiderate approfondire questo argomento potrete trovare tale materiale ampiamente trattato in cinque scritti di Freud[20-24].

Ma senza dubbio sarete a conoscenza anche degli altri sentimenti proibiti che Freud riteneva fossero presenti nei bambini: desideri di morte per i genitori (di solito per quello appartenente al medesimo sesso) e desideri sessuali di ogni genere, compresi quelli verso il genitore del sesso opposto. Partendo da queste considerazioni Freud ragionava nel modo seguente: « Non soltanto abbiamo trovato che il materiale delle esperienze infantili dimenticate è accessibile al sogno, ma abbiamo anche visto che la vita psichica del bambino, con tutte le sue peculiarità, il suo egoismo, la sua scelta amorosa incestuosa eccetera, continua a sussistere nel sogno, ossia nell'inconscio, e che il sogno ci riconduce ogni notte a questo stadio infantile »[25]. In altre parole, tutti i sogni erano, in un certo senso, sogni infantili, ma negli adulti queste caratteristiche venivano spesso mascherate. A questo punto occorreva fare soltanto un piccolo salto per arrivare a ipotizzare che, come i sogni dei bambini, tutti i sogni erano suscitati da un desiderio infantile appagato in modo allucinatorio. I desideri infantili che suscitavano i sogni potevano naturalmente far parte di quei desideri malvagi e inaccettabili che permanevano a livello inconscio fino all'età adulta. I sogni, dunque, erano l'appagamento di un desiderio; potevano essere un appagamento mascherato (erano comunque un appagamento allucinatorio), ma, come avveniva nei sogni ad occhi aperti e negli episodi onirici dei bambini più piccoli, erano suscitati da desideri presenti nella vita psichica. Come spiegare allora il fatto che tanti sogni erano penosi e prendevano la forma di incubi?

Freud, partendo dalla distinzione fra contenuto manifesto e contenuto latente, stabilì che l'ipotesi dell'appagamento di un desiderio era valida per il significato latente del sogno, ma non per l'esperienza vissuta nel contenuto manifesto.

Un sognatore può, ad esempio, appagare un desiderio inconscio del tutto inaccettabile — come il desiderio sessuale provato dalla signora cinquantenne — e trovare tale gratificazione ripugnante e orribile. Dunque « il sognatore può essere paragonato, nel suo rapporto con i propri desideri onirici, soltanto alla somma di due persone, congiunte tuttavia tra loro da molti elementi comuni »[26]. Un'altra spiegazione del sogno d'angoscia era che esso poteva rappresentare una punizione per il desiderio proibito contenuto nei pensieri onirici latenti.

In breve, Freud pensava di poter superare le confutazioni, apparentemente fondate,

alla sua conclusione che tutti i sogni rappresentavano l'appagamento di un desiderio. Egli scrisse: « Questo non posso farlo ora di fronte a voi e mi limito a esprimere la mia convinzione che comunque ci riusciremo »[27]. Nella raccolta dei suoi scritti e nelle opere dei suoi allievi troviamo molti esempi di questa convinzione.

Il sogno del teatro che abbiamo riportato contiene un esempio di come Freud analizzava i sogni e di come se ne serviva per sostenere l'ipotesi che essi rappresentavano l'appagamento di un desiderio. Egli scrive: « Rifacciamoci a quel sogno, già interpretato, dei tre biglietti teatrali per 1 fiorino e 50, dal quale abbiamo già imparato parecchie cose [...]. Avevamo arguito che i pensieri onirici si riferivano al dispetto [della signora] di essersi sposata così presto e al malcontento verso il marito. Siamo ora curiosi di sapere come questi foschi pensieri siano stati trasformati nell'appagamento di un desiderio, e dove si trovi traccia di questo nel contenuto manifesto. Ora, sappiamo già che l'elemento 'troppo presto, precipitosamente' è stato eliminato nel sogno dalla censura. La platea vuota ne è un'allusione. L'enigmatico 'tre per 1 fiorino e 50' ci diventa ora meglio comprensibile con l'aiuto del simbolismo, che nel frattempo abbiamo imparato. Il '3' significa effettivamente un uomo (o un marito), e l'elemento manifesto è facilmente traducibile: comperarsi un uomo con la dote ('Con la mia dote avrei potuto comperarmene uno dieci volte migliore'). Lo sposarsi è chiaramente sostituito dall'andare a teatro. L'acquistare troppo presto i biglietti sta direttamente al posto dello sposarsi troppo presto. Questa sostituzione, tuttavia, è operata dall'appagamento di desiderio. La nostra sognatrice non era sempre stata così scontenta di essersi sposata per tempo, come lo era il giorno in cui ricevette la notizia del fidanzamento della sua amica. Un tempo ne era stata orgogliosa e si sentiva privilegiata rispetto all'amica. Tutti sanno che le fanciulle ingenue dopo il fidanzamento spesso rivelano la loro gioia di poter di lì a poco recarsi a teatro, a tutti gli spettacoli fino allora proibiti, felici di poter vedere ogni cosa. Il piacere o la curiosità di guardare che qui emerge, era all'inizio certamente un desiderio sessuale di guardare (scopofilia), un desiderio rivolto alla vita sessuale, specialmente dei genitori, divenuto poi un forte motivo che spinge le fanciulle a sposarsi precocemente. In tal modo l'andare a teatro diviene un'ovvia sostituzione allusiva dell'essere sposata. Nell'attuale dispetto per essersi sposata così presto, la sognatrice si rifà quindi a quel tempo in cui il matrimonio precoce era stato per lei un appagamento di desiderio, giacché soddisfaceva la sua curiosità; e, spinta da questo antico impulso di desiderio, sostituisce ora lo sposarsi con l'andare a teatro »[28].

Più in generale, Freud affermava che la tecnica analitica da lui elaborata poteva dimostrare come i sogni fossero riconducibili a un insieme di pensieri latenti i quali erano stati in qualche modo influenzati da una zona inconscia e primitiva dell'apparato psichico, con le caratteristiche descritte precedentemente.

Le conseguenze di questa conclusione per il modello dell'apparato psichico erano evidenti. Prima di iniziare la sua indagine sui sogni, Freud aveva scoperto che i sintomi manifestati dai suoi pazienti nevrotici erano produzioni mascherate di una zona inconscia dell'apparato psichico che conteneva impulsi inaccettabili. Questa scoperta suggeriva l'ipotesi che tale zona esistesse solo nei pazienti affetti da nevrosi, dal momento che era responsabile dei loro sintomi.

L'indagine sui sogni invece dimostrò che tale zona inconscia era presente in tutti gli uomini e che non era necessariamente legata alla presenza di sintomi nevrotici. Le scoperte relative all'inconscio fatte con pazienti nevrotici, scrisse Freud, trovavano un'ulteriore conferma dall'indagine sui sogni. Come il sintomo nevrotico, anche il sogno era una produzione mascherata dell'inconscio.

Ritengo importante, a questo punto, trattare in modo più ampio di questo modello dell'apparato psichico per vedere come esso spieghi la formazione dei sogni e dei sintomi

nevrotici. Immaginate che la mente sia formata da due aree adiacenti separate da una linea di confine. Naturalmente non dovete prendere questa immagine alla lettera, non dovete cioè pensare a una sorta di carta geografica delle aree cerebrali. Si tratta solo di un'analogia che dovrebbe aiutarvi a cogliere le relazioni esistenti tra queste due forme di pensiero. Le due aree rappresentano due zone dell'apparato psichico: il preconscio, che ha facile accesso alla coscienza, e l'inconscio. La linea di confine che le separa rappresenta una barriera che funziona come una censura, barriera che Freud chiamò rimozione. In circostanze normali la barriera agisce in modo da impedire ogni comunicazione tra l'inconscio e il preconscio. Talvolta, invece, quando si formano i sogni e i sintomi nevrotici, un elemento inconscio passa attraverso la barriera della rimozione e si fissa in un contenuto preconscio. In questo caso, nell'elemento preconscio in cui è avvenuto il trasferimento, emergono improvvisamente, quasi a tradimento, alcune caratteristiche infantili proprie dell'inconscio.

Nei sogni il materiale inconscio si fissa nei residui diurni, preconsci, e questo fa sì che il pensiero razionale, caratteristico dello stato vigile, si trasformi in qualche cosa che diventa oggetto del lavoro onirico. Ritorniamo al sogno del teatro: alla notizia che un'amica si è fidanzata emergono nella signora alcuni pensieri latenti (il dispetto di essersi sposata così presto, la svalutazione del proprio marito e l'idea che, se solo avesse aspettato, avrebbe potuto trovarne uno migliore).

Secondo Freud, tuttavia, i pensieri latenti da soli non avrebbero prodotto il sogno: era necessario che si amalgamassero con la spinta proveniente da un desiderio infantile perché avvenisse la trasformazione onirica necessaria a produrre il sogno[29]. Per tornare al modello dell'apparato psichico, i desideri infantili legati al piacere di guardare (scoptofilici) — o alcune loro qualità — si erano trasferiti al di là della barriera della rimozione e si erano fissati negli elementi preconsci 'teatro'. Il lavoro onirico aveva trasformato poi nel sogno manifesto questa fusione di elementi preconsci e inconsci.

Un processo simile a quello descritto ora si verifica quando si forma un sintomo nevrotico. Ecco un esempio di un caso di coazione. Un uomo sta per andare a letto quando gli viene in mente: « Chissà se ho chiuso il rubinetto del gas. Se non l'ho chiuso potrebbe verificarsi un'esplosione capace di ferire o addirittura uccidere la mia famiglia ». Turbato da questo pensiero non riesce ad addormentarsi, è costretto ad alzarsi e ad andare in cucina a controllare il fornello. Gira alcune volte il rubinetto per essere ben certo di averlo chiuso e alla fine torna a letto. A questo punto cominciano a manifestarsi i primi sintomi, poiché continua a chiedersi: « L'ho chiuso oppure no? ». Tormentato dal dubbio va in cucina, controlla di nuovo il fornello e ritorna a letto. Per farla breve, il rituale si ripete molte volte. Perché? La psicoanalisi rivelerebbe in questa persona la presenza di impulsi omicidi, del tutto inaccettabili ma presenti a livello inconscio, nei confronti della famiglia, impulsi che trovano la loro origine nei sentimenti di odio provati durante l'infanzia. Per qualche motivo — forse quella sera era irritato per un dissapore familiare — un impulso inconscio (un antico odio infantile verso la famiglia) era stato riattivato, si era trasferito al di là della barriera della rimozione e si era fissato nella preoccupazione, di solito passeggera, di non aver chiuso il rubinetto del gas. Questo processo mutava profondamente la natura di quella che era di solito una preoccupazione di lieve entità: combinandosi con l'odio inconscio, diventava una preoccupazione terrificante e refrattaria ai normali ragionamenti e alle ovvie considerazioni la cui forza di convinzione non influenzava in alcun modo i processi mentali inconsci.

Forse ricorderete qualche sintomo analogo per averlo vissuto o per averne sentito parlare. Eccone un altro esempio: una mia paziente riteneva di dovere sistemare in un certo modo gli asciugamani in bagno perché altrimenti sarebbe successa una disgrazia a

sua madre. Naturalmente era consapevole che si trattava di un'assurda forma di superstizione, ma questo non la tranquillizzava. Il sintomo scomparve solo dopo una lunga terapia durante la quale la paziente poté sperimentare emotivamente — la sola conoscenza razionale non era sufficiente — tutta l'ostilità che aveva provato durante l'infanzia nei confronti della madre. Anche in questo caso il trasferimento oltre la barriera della rimozione di alcune caratteristiche relative ai sentimenti ostili provati da bambina e il loro fissarsi nell'elemento preconscio 'asciugamani ordinati in un certo modo' mutavano profondamente il carattere (indifferente dal punto di vista emotivo) di quest'ultimo elemento in un impulso potente e irrefrenabile.

Avrete notato che il termine 'trasferimento' usato in questi due esempi ha la stessa radice della parola *transfert*** che nella terminologia psicoanalitica sta ad indicare impropriamente gli intensi legami affettivi che si stabiliscono tra il paziente e l'analista. Il motivo di questa analogia è che il sintomo e i sentimenti verso l'analista si formano nello stesso processo. Un paziente maschio, ad esempio, odia profondamente il suo analista maschio. In questo caso l'antica ostilità inconscia provata durante l'infanzia nei confronti del padre viene riattivata, si trasferisce al di là della barriera della rimozione e si fissa sull'analista che assume il ruolo dell'elemento preconscio. Questo 'sintomo che si forma nei confronti dell'analista' è tutt'altro che inopportuno dal punto di vista della terapia psicoanalitica. Al contrario, il graduale emergere di sentimenti infantili verso l'analista permette al paziente di conoscere a poco a poco le tendenze inconsce che disturbano la sua vita psichica e quindi di superarle. Il trasfert, inoltre, è solo un aspetto di quel fenomeno più generale che si verifica quando si formano i sintomi nevrotici e i sogni. Anche questa scoperta, dunque, si adattava perfettamente al disegno più generale di Freud, che era teso a delineare un modello dell'apparato psichico.

Finisce qui la mia descrizione della teoria freudiana dei sogni, che possiamo così riassumere: i sogni sono la trasposizione in linguaggio figurato di un complesso di pensieri onirici latenti. Poiché nei sogni di alcuni bambini piccoli questa trasposizione è chiara e non deformata, si può affermare che il sogno è suscitato da un desiderio inappagato e costituisce quindi la rappresentazione plastica e allucinatoria dell'appagamento di questo desiderio. Si può applicare la stessa formula ai sogni degli adulti, anche a quelli deformati e poco comprensibili. In questo caso, tuttavia, è necessario ricorrere alla tecnica delle associazioni libere per interpretare il linguaggio figurato del sogno manifesto, per risalire cioè ai pensieri onirici latenti che stanno all'origine del sogno. Una volta che questi sono stati individuati, il confronto con il contenuto manifesto rivela che esiste un'altra zona dell'apparato psichico di cui il sognatore non è a conoscenza. Questa struttura arcaica e inconscia possiede dei contenuti propri (motivazioni, sistemi di relazione e forme sintattiche, cioè regole di trasformazione dei pensieri), ciascuno dei quali può influenzare — come infatti avviene — i processi mentali consci. In realtà molti dei comportamenti che prima di questa scoperta apparivano irrazionali e incomprensibili ora si spiegano con l'influenza esercitata da questa zona arcaica e inconscia dell'apparato psichico, la quale, come lo studio dei sogni ha rivelato, è presente in tutti gli uomini.

CRITICA DELLA TEORIA DEL SOGNO

La mia critica di fondo alla teoria dei sogni è che Freud non ha portato nessuna prova sistematica a sostegno delle ipotesi che costituiscono gli elementi strutturali della teoria stessa. Le prove addotte, infatti, erano aneddotiche e non sottoposte al controllo necessario per liberarle dagli errori casuali o dai pregiudizi dell'osservatore. Le scoperte di Freud, cioè, non erano convalidate da una serie di sogni esaminati in modo sistematico, a scopo di verifica, da più osservatori che lavoravano indipendente-

mente l'uno dall'altro. Nelle opere di Freud non si trovano, ad esempio, espressioni del tipo: 'Esistono prove inconfutabili che l'84% dei sogni infantili costituisce l'appagamento di un desiderio non mascherato; che il 34% dei sogni analizzati per mezzo delle associazioni libere rivela delle omissioni; che il 78% contiene degli spostamenti d'accento; che il 56% mette in luce delle rappresentazioni simboliche; che nel 92% sono presenti uno o più fenomeni elencati'. La conseguenza più importante del fatto che mancano completamente dei dati sistematici è che non possiamo nutrire alcuna fiducia nelle prove empiriche addotte per ciascuna delle ipotesi che costituiscono la struttura della teoria dei sogni.

Inoltre i dati che Freud ci fornisce non provano affatto che i sogni dei bambini più piccoli rappresentano spesso l'appagamento di un desiderio non mascherato; che la catena associativa, la quale prende inizio da un significato sconosciuto, porta inevitabilmente a quel significato; che la condensazione, lo spostamento e la rappresentazione plastica possono essere riconosciute in modo certo ecc.

In verità, proprio in questo settore, esistono motivi di dubbio circa l'attendibilità delle teorie formulate da Freud. Recenti osservazioni sistematiche di Foulkes dimostrano che i sogni manifesti dei bambini piccoli *non* rappresentano così spesso come affermava Freud l'appagamento di un desiderio[30]. In conclusione, nessuna delle ipotesi che insieme costituiscono la struttura complessiva della teoria dei sogni era sostenuta da osservazioni così attendibili, sistematiche e controllate da essere empiricamente convincenti ed escludere spiegazioni alternative.

Esaminiamo in particolare il nodo centrale di tutta la teoria, il significato del sogno. È possibile che un gruppo di psicoanalisti si trovi d'accordo sul significato da attribuire a un sogno? Non credo. Freud non fornisce alcuna indicazione su come interpretare i sogni in modo attendibile. Nei limiti della mia esperienza posso affermare che questa attendibilità non viene mai raggiunta e che non esistono studi sistematici su questo argomento. La conclusione non può essere dunque che questa: finché non si riesce ad ottenere tale attendibilità l'intera impresa psicoanalitica relativa all'interpretazione dei sogni appare come un insieme di innumerevoli risposte soggettive (interpretative) del tutto prive di un significato oggettivo attendibile, quindi destituite di fondamento empirico.

Supponiamo, d'altra parte, che gli psicoanalisti possano trovarsi d'accordo sul significato da attribuire ai sogni. Un significato attendibile non sarebbe necessariamente valido. L'attendibilità raggiunta indicherebbe soltanto che gli psicoanalisti posseggono regole attendibili per tradurre le immagini oniriche, regole che, tuttavia, non hanno alcun rapporto con quelle del sognatore.

Come si può ottenere che il significato che il sogno ha per il sognatore e quello attribuitogli dall'analista coincidano? Per quanto ne so io, Freud non esamina il problema cruciale di come sia possibile verificare empiricamente la validità dell'interpretazione di un sogno. Si tratta di un problema metodologico di grande rilievo, che si potrebbe risolvere individuando un sistema empirico di interpretazione dei sogni. Non è questo il luogo per discutere in dettaglio un problema così complesso. Mi limito ad osservare quindi che la validità di un sistema di interpretazione dei sogni deve essere determinata nello stesso modo in cui si determina la validità degli strumenti psicometrici, ottenendo cioè la correlazione tra i risultati conseguiti con il sistema in questione e quelli conseguiti indipendentemente con altri strumenti che misurano o identificano le stesse variabili. Ad esempio, se il significato del sogno è che il sognatore reagisce a x stimoli psicologici, chiaramente identificabili, con y risposte, chiaramente identificabili, allora x dovrebbe determinare y anche in altre situazioni osservate indipendentemente, vale a dire durante lo stato di veglia o nel corso di altri sogni.

Sorge a questo punto un'ulteriore domanda relativa all'interpretazione freudiana dei

sogni. Supponiamo che il sistema di interpretazione elaborato dalla psicoanalisi sia riconosciuto valido. Una tale scoperta non implicherebbe che l'interpretazione valida (l'individuazione cioè di un desiderio) sia proprio la causa che ha suscitato il sogno. Un'interpretazione attendibile e valida è un correlato dell'esperienza onirica. Se si afferma che è quel desiderio il responsabile del sogno, si commette l'errore di dedurre la causa dalla correlazione. Il solo modo per determinare la causa psichica del sogno consiste nell'introdurre sperimentalmente un elemento causale prima che si effettui il sogno e nel fare delle previsioni su quale sarà il sogno. Certo non si tratta di un compito facile.

Le mie critiche alla teoria freudiana dei sogni si fermano qui e la conclusione che ho tratto dalla mia ricerca è che si tratta di una teoria le cui ipotesi non sono state verificate.

Io credo tuttavia che Freud fosse più vicino alla verità di quanto non lo siamo noi psicologi che lavoriamo nei laboratori del sonno. Penso infatti che la nostra incapacità di trovare delle risposte alle domande fondamentali sui sogni (che riguardano le fonti, i sistemi di organizzazione, il significato e le funzioni) dipendano dal fatto che non si possono provare empiricamente le ipotesi che attribuiscono al sogno manifesto un significato pubblico, denotativo***, anziché un significato privato, connotativo. Numerosi studi, ad esempio, hanno indagato a livello sperimentale le fonti dei sogni, somministrando ai soggetti, nella fase di addormentamento, forti stimoli psichici e fisici[31]. Queste ricerche dimostrano che non siamo riusciti a stabilire connessioni costanti ed evidenti fra tali stimoli e il significato pubblico dei sogni. In modo analogo abbiamo registrato un insuccesso quando abbiamo cercato di stabilire connessioni costanti ed evidenti tra gli stimoli esterni e il significato pubblico del contenuto dei sogni[32].

Abbiamo effettuato numerose ricerche anche sulle ipotesi implicite o esplicite che riguardano l'organizzazione relativa ai significati pubblici dei processi mentali che si svolgono durante il sonno. Dement e Wolpert, ad esempio, hanno studiato la relazione fra i contenuti manifesti dei molteplici resoconti REM registrati in laboratorio nel corso di una notte, ma non hanno trovato nulla di rilevante per quanto riguarda la continuità dei temi (che non si avvicendavano come i capitoli di un libro) e la loro ripetizione[33]. Rechtschaffen ed io, in uno studio sulle relazioni esistenti tra i contenuti manifesti REM e quelli NREM registrati nel corso di una notte, non abbiamo riscontrato alcuna organizzazione costante tra questi contenuti, ad eccezione della ripetizione casuale di un'immagine[34]. In un'altra ricerca sulla sequenza delle attività mentali durante la fase iniziale del sonno, Foulkes ed io non abbiamo notato, nei contenuti delle registrazioni, alcuna organizzazione costante del significato pubblico[35, 36].

Gli stessi risultati, credo, si otterebbero a proposito della funzione del sogno. Quando abbiamo iniziato le nostre ricerche eravamo convinti che sognare fosse sinonimo di sonno REM. Ora, grazie soprattutto agli studi di Foulkes[35, 37, 38], sappiamo che si hanno forme di attività mentale anche durante gli altri stadi del sonno e che spesso non è possibile distinguere questi processi psichici da quelli prodotti in fase REM[39, 40]. Sulla base di queste conoscenze sarebbe a parer mio sbagliato, attualmente, ritenere che la privazione del sonno REM coincida con la privazione di attività oniriche e che quindi si possa impedire a qualcuno di sognare senza privarlo totalmente del sonno. Per questo motivo ritengo che non si possa dimostrare la funzione del sogno ricorrendo agli esperimenti sulla privazione del sonno REM, poiché con tali esperimenti non si ottiene una totale privazione di esperienze oniriche.

Infine vorrei fare alcune osservazioni sul significato dei sogni. I ricercatori che lavorano nei laboratori del sonno si sono serviti, per i loro studi su questo argomento, prevalentemente del significato pubblico del sogno e non hanno indagato quello privato, hanno trascurato, cioè, il significato che il

sogno assume per il sognatore. Facciamo un esempio. Immaginate che un soggetto racconti: « Stavo sognando di andare in bicicletta » e che un ricercatore, il dott. Smith, voglia scoprire le esperienze che hanno prodotto questo sogno, il modo in cui esso si è costruito e il suo significato. Se il dott. Smith seguisse la metodologia in uso da vent'anni nei nostri laboratori non potrebbe mai venire a sapere nulla delle fonti del sogno, a meno che il soggetto non abbia preso parte a esperimenti di laboratorio riguardanti gli effetti che l'andare in bicicletta produce sul contenuto dei sogni. Il dott. Smith raccoglierebbe soltanto qualche informazione sull'organizzazione dei processi mentali durante il sonno (a meno che il soggetto non sognasse un'altra volta di andare in bicicletta o di fare un viaggio) e non scoprirebbe alcun indizio sul significato e sulla funzione del sogno. Facciamo un'altra ipotesi: Smith adotta la tecnica freudiana delle associazioni libere e chiede al soggetto di raccontare quello che gli passa per la mente. Può succedere, come è capitato a me recentemente, che il soggetto gli risponda: « Andare in bicicletta mi fa venire in mente subito due cose. In primo luogo che si tratta del passatempo preferito di mio figlio, il quale in autunno andrà al *college*, e io voglio passare tutto il mio tempo con lui facendo le cose che lui preferisce, prima che se ne vada per seguire la sua strada. La seconda associazione, quella più profonda, è che mio padre, morto meno di un anno fa per una malattia di cuore, possedeva una *cyclette* nel seminterrato di casa sua per mantenersi in esercizio. Credo che dovrò andare di più in bicilcetta, se non voglio fare la stessa fine ». Ritengo che possiamo terminare qui la catena associativa. Chi di voi segue l'indirizzo psicoanalitico potrebbe proseguire oltre, più di quanto non lo richieda a questo punto la nostra ricerca. Sembra evidente, d'altra parte, che il sogno della bicicletta è legato a sentimenti molto profondi provati dal soggetto nei confronti delle due figure maschili più importanti nella sua vita, il figlio e il padre. Se il dott. Smith, invece di chiedere associazioni personali e private, avesse fatto ricorso al significato pubblico, non avrebbe appreso nulla di tutto ciò. Se fosse andato in cerca delle fonti legate all'esperienza, avrebbe fatto domande su biciclette e viaggi e non su padri e figli; se avesse preso in considerazione l'organizzazione onirica, non avrebbe colto il percorso che portava dalla bicicletta all'intera costellazione emotiva che si era formata attorno al padre e al figlio del soggetto. Se infine avesse voluto indagare il significato del sogno, gli sarebbe senz'altro sfuggito il senso centrale che esso occupava nella vita del sognatore.

Riassumendo, vent'anni di ricerche di laboratorio, che hanno probabilmente prodotto la più ampia e sistematica raccolta di sogni che si sia mai verificata nella storia, non sono riusciti a mettere in luce alcuna connessione degna di rilievo tra il significato pubblico dei sogni e gli altri elementi (le fonti legate all'esperienza, l'organizzazione, le relazioni con l'attività psichica caratteristica dello stato vigile, la funzione). Le conclusioni che possiamo trarre da questo fallimento sono evidenti: non si può non essere d'accordo con quanto affermava Freud che solo lo studio del significato privato dei sogni fornirà le risposte alle domande cruciali relative alla psicologia del sogno.

G. W. V.

Traduzione: R. Tommasi Enriques - Bologna

BIBLIOGRAFIA E NOTE

* L'equivalente italiano di *old box* potrebbe essere 'vecchia ciabatta', così infatti viene di solito tradotto l'esempio di Freud. Ma, a parte lo spostamento semantico che si opera con tale espressione, non esiste nella lingua italiana la simbolizzazione della vagina con nomi di calzature [*N.d.T.*].

** Nella lingua inglese lo stesso vocabolo *transference* significa 'trasferimento', 'transfert' [*N.d.T.*].

*** L'espressione usata dall'A. è la seguente: «public (denotative, dictionary)» [*N.d.T.*].

1 S. Freud, *L'interpretazione dei sogni*, in *Opere*, Vol. III, Boringhieri, Torino, 1966, pp. 603.

2 S. Freud, *Introduzione alla psicoanalisi e altri scritti*, in *Opere*, Vol. VIII, Boringhieri, Torino, 1976, pp. 259-406.

3 S. Freud, *op. cit.*, p. 259.

4 D. FOULKES, *The Grammar of Dreams*, Basic Books (in corso di stampa).

5 S. FREUD, *Introduzione*, cit., p. 264.

6 S. FREUD, *op. cit.*, p. 265.

7 S. FREUD, *op. cit.*, p. 262.

8 S. FREUD, *op. cit.*, p. 275.

9 S. FREUD, *op. cit.*, pp. 285-286.

10 S. FREUD, *op. cit.*, p. 286.

11 S. FREUD, *op. cit.*, pp. 295-298.

12 S. FREUD, *op. cit.*, p. 299.

13 S. FREUD, *op. cit.*, p. 301.

14 S. FREUD, *op. cit.*, p. 310

15 S. FREUD, *op. cit.*, pp. 318-319.

16 S. FREUD, *op. cit.*, p. 345.

17 S. FREUD. *op. cit.*, pp. 348-349.

18 S. FREUD, *op. cit.*, p. 370.

19 S. FREUD, *op. cit.*, p. 373.

20 S. FREUD, *Frammenti di un'analisi d'isteria* (*Caso clinico di Dora*), in *Opere*, Vol. IV, Boringhieri, Torino, 1970, pp. 301-402.

21 S. FREUD, *Analisi della fobia di un bambino di cinque anni* (*Caso clinico del piccolo Hans*), in *Opere*, Vol. V, Boringhieri, Torino, 1972, pp. 477-589.

22 S. FREUD, *Osservazioni su un caso di nevrosi ossessiva* (*Caso clinico dell'uomo dei topi*), in *Opere*, Vol. VI, Boringhieri, Torino, 1974, pp. 1-124.

23 S. FREUD, *Dalla storia di una nevrosi infantile* (*Caso clinico dell'uomo dei lupi*), in *Opere*, Vol. VII, Boringhieri, Torino, 1975, pp. 483-593.

24 S. FREUD, *Osservazioni psicoanalitiche su un caso di paranoia* (*dementia paranoides*) *descritta autobiograficamente* (*Caso clinico del presidente Schreber*), in *Opere*, Vol. VI, Boringhieri, Torino, 1974, pp. 335-406.

25 S. FREUD, *Introduzione*, cit., p. 378.

26 S. FREUD, *op. cit.*, p. 384.

27 S. FREUD, *op. cit.*, p. 388.

28 S. FREUD, *op. cit.*, pp. 387-388.

29 S. FREUD, *Supplemento metapsicologico alla teoria del sogno*, in *Opere*, Vol. VIII, Boringhieri, Torino, 1976, pp. 89-118.

30 D. FOULKES, J. D. LARSON, E. M. SWANSON and M. RARDIN, *Two Studies of Childhood Dreaming*, Amer. J. Orthopsychiat. 39, pp. 627-643, 1969.

31 D. FOULKES, *Presleep Determinates of Dreaming and Dream Content*, in *The Psychology of Sleep*. D. FOULKES (ed.), C. Scribner's Sons, New York, 1966, pp. 138-153.

32 D. FOULKES, *Stimuli During Sleep as Determinates of Dreaming and Dream Content*, *Ibid.*, 10, pp. 154-171.

33 W. DEMENT and E. WOLPERT, *Relationships in the Manifest Content of Dreams Occurring on the Same Night*, J. Nerv. Ment. Dis., 126, pp. 568-578, 1958.

34 A. RECHTSCHAFFEN, G. VOGEL and G. SHAIKEN, *Interrelatedness of Mental Activity During Sleep*, Arch. Gen. Psychiatry 9, pp. 536-547, 1963.

35 D. FOULKES and G. VOGEL, *Mental Activity at Sleep Onset*, J. Abnl. Psych. 70, pp. 231-243, 1965.

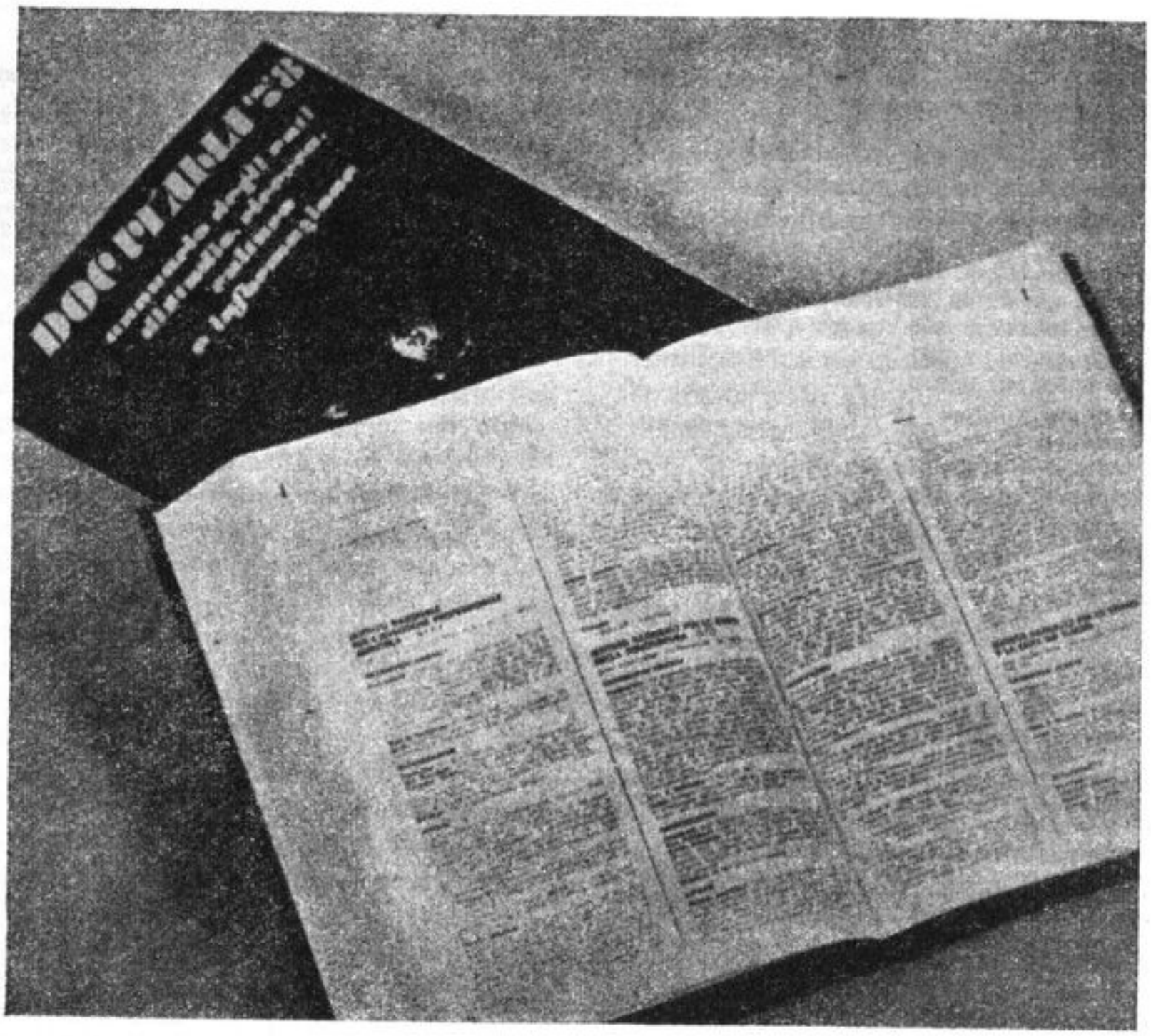
36 G. VOGEL, D. FOULKES and H. TROSMAN, *Ego Functions and Dreaming During Sleep Onset*, Arch. Gen. Psychiatry 14, pp. 238-248, 1966.

37 D. FOULKES, *Dream Reports from Different Stages of Sleep*, J. Abnl. and Soc. Psych., 65, pp. 14-25, 1962.

38 D. FOULKES, *Nonrapid Eye Movement Mentation*, Experimental Neurology, Supplement 4, 1967: *Physiological Correlates of Dreaming*, C. CLEMENTE (ed.),; pp. 28-38.

39 D. FOULKES, P. S. SPEAR and J. D. SYMONDS, *Individual Differences in Mental Activity at Sleep Onset*, J. Abnl. Psych. 71, pp. 280-286, 1966.

40 G. VOGEL, B. BARROWCLOUGH and D. GIESLER, *Limited Discriminalibily of REM and Sleep Onset Reports and its Psychiatric Implications*, Arch. Gen. Psychiatry 26, pp. 449-455, 1972.



TUTTA L'ITALIA DELLA RICERCA E DELLA CULTURA

a cura dell'Istituto Nazionale dell'Informazione **INI**

DOC ITALIA '78

annuario
degli enti di studio,
ricerca, cultura
e informazione

- **1.368 pagine**
- **5.000 enti**
- **50.000 nomi**

Accademie, Associazioni, Atenei, Centri, Comitati, Enti, Fondazioni, Istituti, Laboratori, Osservatori, Scuole, Società, Stazioni sperimentali, Università, ecc.

CARATTERISTICHE TECNICHE

- formato: cm. 19 x 26,5
- pagine: 1.368
- prezzo di copertina: L. 50.000

EDITORIALE ITALIANA
00192 ROMA - VIA VIGLIENA, 10

L'eurocomunismo, ovvero: "Il gioco delle parti"

Parte II - Dalla coesistenza pacifica alla dissoluzione dei blocchi - Il trionfo dell'eurocomunismo - L'eurocomunismo nella struttura attuale del sistema internazionale - Conclusioni

LUIGI BONANATE
Università di Torino

V DALLA COESISTENZA PACIFICA ALLA DISSOLUZIONE DEI BLOCCHI

Fin tanto che non sarà possibile trovare una garanzia assoluta nei confronti dell'aggressività dell'imperialismo, anche se la guerra termonucleare fosse impossibile (ma credo che per capirci meglio dovremmo dire: inutile, allo stato attuale del sistema internazionale), nulla impedirà agli Stati Uniti di conservare le posizioni che ha acquisito; è chiaro, essi sono in posizione difensiva, ma come potranno mai esser sloggiati dai loro caposaldi?

Per l'eurocomunismo un modo esiste e sarà, curiosamente, la prima grande crisi del monolitismo sovietico a indicarlo, attraverso la destalinizzazione e la revisione dei rapporti interni al sistema socialista internazionale, alla luce del principio dell'unità nella diversità[53]. Al XX congresso del PCUS Kruscev dichiara che la guerra non è più inevitabile. Su questo presupposto si innesta l'idea che le relazioni internazionali possano entrare in una nuova epoca. Ma la destalinizzazione e l'abolizione del dogma dell'inevitabilità della guerra con l'imperialismo (con il conseguente ingresso nell'età della competizione pacifica tra diversi regimi economico-sociali), producono quella che apparirà, alla lunga, una significativa trasformazione della collocazione internazionale dell'Unione Sovietica, la quale da unico baluardo anti-imperialistico, da grande attentatrice dell'ordine internazionale (così almeno era vista dagli Stati Uniti), ne diventa a sua volta garante (lo dimostra in Ungheria), accettando di condividere con gli Stati Uniti la responsabilità della conservazione della pace[54].

Accanto agli altri difetti che ogni giorno scoprono sulla natura del regime sovietico russo, i partiti comunisti europei sono costretti a riconoscere anche l'esplicita assunzione di un ruolo di direzione internazionale da parte dell'Unione Sovietica che non riguarda più soltanto i partiti comunisti sparsi per il mondo, ma il mondo in quanto tale, alla stessa stregua della potenza imperialistica. La conseguenza oggettiva di tutto ciò è rappresentata dall'effettivo consolidamento delle prospettive di pace, e quindi anche dalla chiusura di quell'unica falla che sembrava impedire la stabilizzazione del mondo post-bellico: se l'Unione Sovietica non provoca tensioni, ma anzi si impegna a eliminarle, ecco che la struttura del sistema

internazionale viene a trovarsi bloccata, congelata in un'immobilità pressoché totale (almeno per quanto riguarda quegli stati che sono stati interessati dalla sistemazione successiva alla seconda guerra mondiale)[55]. Se l'obiettivo, nel rapporto tra le grandi potenze, non è più quello di evitare la guerra (perché mai dovrebbero farla?), ma di rafforzare i rispettivi blocchi e di garantirsi la reciproca non ingerenza negli affari interni di ciascun raggruppamento, i partiti comunisti occidentali si trovano liberi dalla necessità della protezione sovietica, o sono costretti a liberarsene, ciò che li spinge a rilanciare, adattandola alle nuove condizioni, la formula delle vie nazionali che, dopo la prima enunciazione, era stata messa da parte.

Sulle mutate condizioni all'interno delle quali l'imperialismo si trova ad agire, si innesta quindi il nuovo capitolo dell'analisi sul posto che le alleanze militari, espressione dei blocchi, occupano nel clima della coesistenza pacifica. Per quanto riguarda in particolare i paesi occidentali che fanno parte della Nato la posizione di partenza implicava l'uscita dal patto militare a favore di una posizione neutralistica, linea che dura, per il PCI, dalla segreteria Togliatti, che la espone ancora nel rapporto al X Congresso, fino alle soglie della segreteria Berlinguer[56]. Ma come si passa dalla lotta contro il Patto Atlantico, che è per sua natura un patto aggressivo, alla « nuova argomentazione » secondo la quale la struttura militare conseguente al Patto Atlantico, la Nato, « sarebbe se non uno scudo almeno un ombrello che consente di lottare meglio in Europa per un socialismo nella libertà, senza che essa possa venir insidiata dall'Est »[57]? Il cammino attraverso il quale si dipana questo rovesciamento è lungo, non solo negli anni, ma anche per i passi che comporta. È vero che la Nato nacque come patto aggressivo, ma con la contrapposizione ad esso del Patto di Varsavia, con la stabilizzazione (equilibrio del terrore) che ne è conseguita, si è potuta intraprendere una politica di coesistenza pacifica che, rivestendo un valore strategico (Gruppi), deve essere consolidata a ogni costo, anche se ciò non permettesse che i blocchi vengano materialmente disciolti. La pace è il valore principale da consolidare: i blocchi in qualche modo contribuiscono anch'essi a questo obiettivo, dapprima in quanto espressione di una contrapposizione fondata sulla dissuasione reciproca, e successivamente come semplice strumento di organizzazione delle relazioni interne a ciascun blocco. Su questa situazione vegliano, per conservarla, Stati Uniti e Unione Sovietica. Quale è il posto che spetta alle due potenze termonucleari in questo quadro? Le loro relazioni dirette sono passate da una fase di scontro virtuale (la guerra fredda) a una opposta di collaborazione per il mantenimento della pace. Dopo la crisi di Cuba, in particolare, i progressi sono evidenti e tangibili: del resto, se è vero che le guerre sono ormai evitabili (o impossibili) e che l'imperialismo è costretto a diventare pacifico, sia pure contro voglia, questa collaborazione è allo stesso tempo il risultato e la condizione della conservazione della pace generale del sistema internazionale. Ma il peso di tale collaborazione

non rischia forse di diventare così preponderante da lasciare nelle mani delle due superpotenze la possibilità di decidere, da sole, le sorti del mondo? È vero che l'imperialismo, per un verso, ha le mani legate, ma non è forse riuscito, almeno, a coinvolgere nel suo destino anche il partner-rivale?

La situazione all'interno della quale i partiti comunisti non al potere si trovano ad agire è estremamente complessa: sullo sfondo della fine del monolitismo (e quindi della rottura di quell''internazionalismo proletario' che, comunque lo si giudicasse, rappresentava un punto fermo di riferimento), l'abbandono del modello leninista-violento per la conquista del potere (sia che si tratti di consapevole accantonamento di una via bloccata, sia che appaia imposto dalle condizioni della lotta di classe all'interno di ogni stato) a favore di una transizione pacifica alla «transizione al socialismo»[58], che è resa necessaria a sua volta dall'esigenza di evitare risposte armate di provenienza occidentale, crea il rischio che, con il riconoscimento internazionale della funzione di garante dell'ordine, l'Unione Sovietica blocchi anche quel già scarso potenziale dinamico che la struttura del sistema internazionale potrebbe consentire. Le esigenze del consolidamento del 'socialismo (reale) in un solo paese' (e in pochi altri) rischiano così di schiacciare i partiti comunisti occidentali tra un imperialismo pacifico e quindi più saldo e un socialismo anti-internazionalistico e quindi non più rivoluzionario. Ancora una volta dunque considerazioni di ordine internazionale sembrano delimitare la libertà d'azione dei partiti comunisti. In particolare diventa centrale il problema della ridefinizione dei rapporti con l'Unione Sovietica, non soltanto per motivi di ordine interno (come giustificare di fronte alla base del proprio partito il raffreddamento dapprima, e poi addirittura la quasi rottura dei rapporti con il paese che era stato a lungo indicato come il modello da seguire?), ma principalmente per quanto riguarda il pericolo che i legami con l'Unione Sovietica si trasformino in lacci che impediscono qualsiasi iniziativa autonoma diretta a rompere l'immobilità del sistema internazionale.

Ciò che fa emergere la crisi dei rapporti interni al sistema socialista internazionale è la revisione del giudizio che l'Unione Sovietica dà dell'imperialismo americano (che rappresenta la condizione per la stipulazione del 'compromesso storico' su scala internazionale): è ben diverso il senso di un ripensamento teorico che ritiene che l'imperialismo, irretito dalla strapotenza delle armi termonucleari, sia costretto a subire la coesistenza pacifica da quello che discende dalla decisione di collaborare con la potenza imperialistica nel mantenere il più immutato possibile l'assetto internazionale, anche se ciò può nuocere a uno o più partiti comunisti. Tra le due posizioni naturalmente non c'è che una differenza di grado, perché la svolta reale è rappresentata dalla negazione del 'pregiudizio' leninista sull'inevitabilità dell'autodistruzione dell'imperialismo a cui si sostituisce la concezione cripto-kautskiana dell'ultraimperialismo; ma si tratta di una differenza che finisce per precludere agli alleati di entrambi

i campi di prendere qualsiasi iniziativa che potrebbe turbare la situazione: che il prezzo della pace sia l'ordine non è del resto una novità. Proprio questa è la situazione che la Cina denuncia, ed è significativo che sia sui problemi della natura dell'imperialismo, sull'inevitabilità o meno delle guerre, sul ruolo delle armi termonucleari, sul socialimperialismo che viene a patti con l'imperialismo, che si celebra la rottura ufficiale tra Unione Sovietica e Cina (anche se le ragioni del contendere non sono tutte così teoriche). Di fronte alla spaccatura che così si profila nel mondo comunista, i partiti comunisti dei paesi occidentali rischiano di trovarsi schiacciati: aderire alla linea sovietica equivale ad accettare l'impossibilità di conquistare il potere; aderire a quella cinese riaprire la spirale della guerra fredda, temere la guerra imperialistica con il risultato, ancora uguale, di veder arretrare la prospettiva del socialismo. La complessità della politica che ancora una volta per primo il PCI elabora allora indica la via per uscire da questa trappola: da un lato, appoggio incondizionato alla politica di coesistenza pacifica, ma dall'altro rifiuto (anche evitando la rottura frontale con la Cina) di identificare troppo perentoriamente la linea dei partiti comunisti occidentali con quella del PCUS e quindi dell'Unione Sovietica. Invece che nel dissolvimento dell'equilibrio con gli Stati Uniti, la soluzione sarà cercata nella ridefinizione dei rapporti interni tra i partiti comunisti. Si tratta di una scelta che la rottura cino-sovietica rende inevitabile, ma che era stata individuata già da tempo e cioè da quando nel 1956 il sistema comunista internazionale aveva dovuto subire le due gravissime scosse della destalinizzazione da un lato e dell'insurrezione ungherese dall'altro. Ed è infatti a partire da quel momento che Togliatti rilancia la formula della via italiana al socialismo, intitolandovi il rapporto del 24 giugno 1956 al Comitato centrale del PCI, e sostenendo, nell'intervista a *Nuovi argomenti*, che « la struttura politica del movimento comunista mondiale è oggi cambiata », e che « il modello sovietico non può e non deve più essere obbligatorio »[59]. Per quanto riguarda in particolare il problema della compatibilità tra coesistenza pacifica e conquista del potere nei paesi dell'Europa occidentale, la posizione nuova nei confronti dell'Unione Sovietica ha un significato notevolissimo: prendere le distanze da Mosca consente di rompere l'automatismo per cui un partito comunista al governo nell'Europa occidentale equivarrebbe alla consegna dello stato in questione all'Unione Sovietica e in particolare all'Armata rossa, ciò che non potrebbe non scatenare l'immediata reazione degli Stati Uniti, non fosse che in difesa di quella generale conservazione dello *statu quo*, che sembra diventare la legge stessa della vita del sistema internazionale. Ma poiché l'immobilità assoluta che discende dalla coesistenza pacifica giocherebbe, proprio per quest'ultimo motivo, a favore degli Stati Uniti e contro le vie nazionali, ecco che il policentrismo del sistema socialista internazionale viene a porsi come la condizione per mantenere una certa fluidità nelle relazioni internazionali, che consenta a sua volta di lasciare spazio al processo di conquista pacifica e autonoma del socialismo. A chi teme che però in que-

sto modo la coesistenza pacifica possa esser incrinata, i partiti comunisti occidentali rispondono privilegiando la centralità del rapporto diretto tra Stati Uniti e Unione Sovietica, ciò che può esser fatto senza venir costretti a dar ragione ai comunisti cinesi con un'ultima mossa: la dichiarazione della sopravvenuta inutilità dei blocchi militari. Se fosse vero, infatti, che i patti militari e in particolare la Nato non hanno più carattere aggressivo, l'avanzata al socialismo non incontrerebbe più alcun limite, almeno di carattere internazionale, e l'accusa cinese di revisionismo e patteggiamento con l'imperialismo cadrebbe.

La posizione politica internazionale del PCI alle soglie dell'eurocomunismo si organizza quindi su queste linee fondamentali: 1) difesa della coesistenza pacifica, che « si impone sempre di più come una *necessità oggettiva*, come la condizione fondamentale indispensabile per la salvezza dell'umanità » (*Q.C.*, p. 542); 2) accettazione del ruolo particolare degli Stati Uniti e dell'Unione Sovietica, ruolo che non consiste in « un accordo tra le due superpotenze mondiali (Stati Uniti d'America e URSS), a spese di tutti gli altri Stati e dei diritti dei popoli e, in sostanza, una spartizione e un dominio delle due massime potenze mondiali sugli altri paesi », ma che al contrario è « pienamente legittimo e necessario » (*Q.C.*, p. 543); 3) superamento dei blocchi i quali, « come furono allora concepiti e organizzati, nelle ragioni storiche e politiche per cui sorsero, sono superati, sono privi di prospettiva », anche se « bisogna realisticamente ritenere che la fine, la dissoluzione dei blocchi non è cosa che possa esser decretata e realizzarsi da un momento all'altro » (*Q.C.*, p. 546). Non manca che un passo per poter proclamare la nascita dell'eurocomunismo: la scoperta di un ruolo nuovo dell'Europa occidentale: « nella prospettiva del superamento dei blocchi, e del ricostituirsi in una forma di presenza unitaria dell'intera Europa, noi, dunque, ci battiamo intanto per una Europa occidentale che sia democratica, indipendente e pacifica: non sia né antisovietica né antiamericana, ma, al contrario si proponga di assolvere una funzione di amicizia e cooperazione con l'America e con l'Unione Sovietica » (*Q.C.*, p. 548).

VI IL TRIONFO DELL'EUROCOMUNISMO

Lo sviluppo dell'eurocomunismo, osservato dal versante delle relazioni internazionali, mostra una curiosa caratteristica: dopo essersi organizzato proprio a partire da un'attenta analisi dei problemi politici internazionali, dopo averne sottolineato l'importanza anche ai fini della lotta politica interna agli stati, giunge alla conclusione che in realtà la struttura del sistema politico internazionale non ha nulla a che fare (perché non vi può influire) con la conquista socialista del potere all'interno degli stati. Lo spazio delle vie nazionali sarebbe così ben trovato nelle pieghe della coesistenza pacifica, che ora né Stati Uniti né Unione Sovietica (e tantomeno la Cina) possono ingerirsi nei problemi interni degli stati eu-

ropei[60]. L'attento rispetto delle condizioni internazionali sembra indicare che nulla e nessuno può sbarrare la via al socialismo indipendente. C'è tanto ottimismo (ma altrettanta lungimiranza?) nell'eurocomunismo che « se vogliamo gettare uno sguardo più lontano si può pensare che lo sviluppo della coesistenza pacifica, e di un sistema di cooperazione e integrazione così vasto da superare progressivamente la logica dell'imperialismo e del capitalismo ... potrebbe anche rendere realistica l'ipotesi di un 'governo mondiale' che sia espressione del consenso e del libero concorso di tutti i paesi »[61].

Lungi da me l'idea di smorzare l'entusiamo che l'eurocomunismo ha sollevato, ma temo che i suoi sostenitori i quali, come pure abbiamo visto, non sono certo disattenti alle cose politiche internazionali, nella loro opera di smantellamento dei vincoli internazionali manchino di portare alle dovute conclusioni le loro analisi. Il cammino dell'eurocomunismo potrebbe conoscere più ostacoli di quanti non ne siano stati immaginati se si dovesse scoprire che non tutte le 'condizioni' del sistema internazionale possono venir rispettate, e cioè rimosse. Nell'analisi eurocomunista queste sono: 1) l'imperialismo, abbia o no cambiato natura, non può più fare quel che vuole; 2) la coesistenza pacifica, che proprio per quel motivo si è instaurata tra i due blocchi, ha visto consolidarsi la cooperazione tra Stati Uniti e Unione Sovietica fino al punto che Nato e Patto di Varsavia hanno finito di rivelarsi superflui; 3) la conquista del potere all'interno di ciascuno stato non può essere condizionata dall'esterno, né da ovest né da est, e quindi può esser pacifica. Il corollario di tutto ciò offre la garanzia finale: perché infatti non semplicemente vie nazionali, ma una comune europea? È chiaro: perché se addirittura tre paesi imboccano e continuano la loro via al socialismo non da soli, ma in compagnia, questa nuova forma di solidarietà internazionale assicura della forza di chi vi si riconosce e quindi dell'inutilità degli sforzi di chi eventualmente volesse opporvisi. Ma i tre caposaldi eurocomunistici possono esser sottoposti anche a un'analisi che non lascia altrettanta libertà di quella che vi si è voluta vedere.

a) I limiti dell'imperialismo. Nel suo commento alla storica e vittoriosa conclusione della lotta del popolo vietnamita, Berlinguer riassume in modo chiaro la posizione nei confronti dell'imperialismo: « Primo, la conferma della intrinseca natura aggressiva dell'imperialismo, dei delitti di cui esso si macchia, del carattere distruttivo che assume quando veda le basi del suo dominio insidiate e minacciate », secondo, « l'imperialismo non può più fare quel che vuole, esso può essere battuto, costretto ad arretrare, piegato a rispettare i diritti dei popoli » (*P.I.*, p. 55). Ma è sufficiente che l'imperialismo, perché conosce delle sconfitte, sia considerato ormai impotente? Se fosse vero che è così perdente, perché accettare con esso la trattativa permanente, il compromesso? La sua natura è ancora aggressiva: ma perché dopo aver mostrato in determinati casi la sua aggressività, in altri non vi fa ricorso e si pensa che non lo farebbe? La risposta eurocomunistica è: perché se l'imperialismo mostrasse la sua vera natura

in ogni circostanza, quale un intervento in uno stato europeo, ne discenderebbe una conflagrazione mondiale.
È giusto sostenere che con la svolta della seconda guerra mondiale l'imperialismo perde la libertà assoluta di cui prima godeva; che quindi entri in una nuova, diversa fase è ineccepibile: ma in quello stesso momento gli Stati Uniti poterono consolidare un amplissimo impero, fondato su vincoli molto più stretti di quelli che mai prima avevano legato una potenza imperialistica alle sue prede. In questa situazione, allora, anche per gli Stati Uniti sembra aprirsi un periodo di lotta pacifica per il capitalismo: consapevoli della dannosità della guerra mondiale, accrescono a dismisura il loro apparato termonucleare, che consente di imporre, anche se con un altro nome, la loro versione della coesistenza pacifica: la politica della dissuasione, e nel quadro di questa strana pace, il cui volano è costituito dalla dialettica 'corsa agli armamenti / riduzione e controllo', possono ricorrere agli strumenti pacifici per il rafforzamento dell'impero. Se è vero che in guerra conoscono delle sconfitte (Vietnam), non se ne può dedurre che conviene loro la pace?

b) ***La coesistenza pacifica.*** A ben vedere, in effetti, gli Stati Uniti non si sono mai opposti al successo della coesistenza pacifica, anche se nella loro versione questa presentava gli aspetti drammatici della politica sull'orlo dell'abisso. L'obbligo della pace si trasforma allora per gli Stati Uniti in un'occasione di consolidamento dello *statu quo* che coinvolge l'Unione Sovietica nel disegno di stabilizzazione immutabile dell'assetto internazionale: ogni sfida a quest'ultimo viene parata con la dissuasione. Consapevole di non essere più onnipotente, l'imperialismo ricorre al suo avversario per ottenerne, sia pure in modo compromissorio, la collaborazione. La svalutazione cui i blocchi militari in questo contesto vanno incontro, nell'ottica statunitense, non apre spiragli ad avventure antiimperialistiche, ma al contrario è la prova dell'immutabilità della situazione. Il sistema internazionale appare così solido che, col passare del tempo, la minaccia della terza guerra mondiale appare irrealistica, tanto che essa oggi può esser giudicata più inutile che impossibile. Lo sviluppo delle trattative sugli armamenti, infine, svela il gioco tacito del compromesso storico internazionale che gli Stati Uniti riescono a imporre, o a convenire, con l'Unione Sovietica: se l'imperialismo fosse ancora aggressivo, e pensasse alla guerra, perché dovrebbe trattare per ridimensionare i suoi arsenali? Se l'Unione Sovietica è il baluardo principale del mondo socialista perché dovrebbe rischiare di sguarnire le sue difese? Le grandi trattative sulla riduzione degli armamenti, che vengono regolarmente salutate come passi avanti del processo di distensione (il che sarà anche vero) nascondono una fondamentale contraddizione: nel caso che le armi oggetto delle trattative siano determinanti ai fini dell'esito dell'eventuale scontro, e gli Stati Uniti accettino di disfarsene, ciò significa che hanno perso la loro aggressività; ma se la riduzione fosse veramente sostanziale, verrebbe meno quel terrore della guerra atomica che era stato indicato come con-

dizione della coesistenza pacifica. Nel caso opposto, e cioè se le armi in questione non sono decisive, l'imperialismo raggiungerebbe addirittura un obiettivo più vantaggioso: razionalizzare la propria politica militare, liberandosi di armamenti ormai obsoleti e proseguendo nella ricerca tecnologica di nuovi ritrovati da sottoporre, in seguito, alla trattativa[62]. E allora, a questo punto non si potrebbe concludere che la politica di 'controllo' degli armamenti e del contesto internazionale, se giova al mondo socialista, che così non deve più temere l'aggressività dell'imperialismo, più ancora giova a quest'ultimo, che alzando o abbassando la posta in gioco nella trattativa può far apparire ora più ora meno certa la pace nucleare?

c) *Conquista del potere e condizionamenti esterni.* Non soltanto è vero che finora la conquista socialista del potere è stata ottenuta sulla punta del fucile, ma lo è altrettanto che nel sistema internazionale contemporaneo (ma credo che si potrebbe generalizzare anche agli assetti del passato) non si è dato alcun caso di passaggio pacifico da un blocco all'altro o, più in generale, da un allineamento all'altro. In certi casi si è avuta la nascita di stati socialisti in seguito allo sgretolamento degli imperi coloniali, ma questi possono essere inseriti in una logica di liquidazione di situazioni anacronistiche (e quali poi sono state indolori?); in un solo caso la via pacifica è stata percorsa fino in fondo, ma purtroppo si è scontrata con Pinochet e con il vero volto dell'imperialismo americano, che non poteva accettare un esempio che, proprio per i suoi connotati pacifici, rischiava di diventare contagioso. Che il caso cileno offrisse una lezione amara e densa di insegnamenti, lo vide immediatamente Berlinguer che, dall'analisi dei fatti cileni (*Q.C.*, pp. 609-39) fece emergere la proposta del 'compromesso storico', a cui toccherà di consentire non semplicemente il superamento della soglia della maggioranza elettorale, ma l'aggregazione di una grande maggioranza capace di deludere le speranze dell'avversario esterno di trovare alleati all'interno. Non dubito personalmente che, se si accetta, in termini di adesione politica, la linea dell'eurocomunismo, il compromesso storico rappresenti effettivamente la chiave che apre definitivamente la porta pacifica della conquista del potere. Ma, anche senza insistere sulle difficoltà che la politica delle alleanze può incontrare, resta il fatto che il compromesso storico indica una linea di tendenza, un obiettivo che non è detto sia raggiungibile con sicurezza, specialmente perché si tratta di una strategia che, se è fortissima una volta realizzata, è debolissima (cioè esposta a tutti i venti) cammin facendo. Quanti modi — pacifici — l'imperialismo può escogitare per ostacolarla?
Una cosa è certa: l'imperialismo reale — se esiste — non muta natura per il solo fatto che muta l'analisi che i suoi critici ne fanno; esso agisce indipendentemente dal giudizio teorico sulle sue fasi di sviluppo. Ma se non influisce sulla realtà delle vicende dei paesi imperialistici, l'analisi teorica su questa problematica condiziona in modo sostanziale la strategia politica che ne discende. Basti pensare, ad esempio, alle conseguenze che ebbe l'analisi compiuta in seno alla III Internazionale sui regimi

socialdemocratici che vennero considerati alleati del fascismo dando vita alla formula del 'socialfascismo' e a una strategia politica poi amplissimamente sconfessata, anche in quanto responsabile dell'incapacità di valutare la crescita del nazismo in Germania e quindi di contrastarla[63]. Che la conquista del potere nei paesi dell'Europa occidentale possa effettuarsi inaugurando così la transizione al socialismo, che nessun condizionamento esterno potrebbe impedire, grazie all'emergere di una indistruttibile struttura di coesistenza pacifica, è una previsione che conduce all'elaborazione di una strategia politica (quella eurocomunistica): ma si tratta di una previsione che si fonda — non potrebbe essere altrimenti — su un giudizio teorico e ideologico sulla natura attuale del fenomeno imperialistico e quindi su quei limiti storici che gli si attribuiscono. Affinché si possa intraprendere la marcia verso il socialismo, per Lenin era inevitabile che si passasse attraverso la crisi di una certa società (*L'estremismo*), crisi « che implica l'acutizzazione estrema della lotta di classe, proprio perché la sconfitta del capitale monopolistico significa aprire il processo di liquidazione definitiva del capitalismo, dar inizio alla transizione socialista »[64]; per gli eurocomunisti la crisi permanente dell'imperialismo può esser mantenuta in limiti pacifici — e tale deve restare, affinché l'eurocomunismo abbia senso —. Ma questa obbligazione alla pace, sotto la protezione della quale deve svilupparsi la fase della democrazia avanzata, sarà tanto ferrea da evitare lo scoppio di contraddizioni interimperialistiche e allo stesso tempo tanto elastica da consentire l'introduzione di sempre nuovi e più avanzati elementi di socialismo all'interno di alcuni stati, che non soltanto rientrano nel mercato imperialistico internazionale, ma costituiscono anche un fondamentale elemento di sopravvivenza dello stesso sistema capitalistico?

VII L'EUROCOMUNISMO NELLA STRUTTURA ATTUALE DEL SISTEMA INTERNAZIONALE

Nel momento in cui l'eurocomunismo fa la sua comparsa ufficiale, una nuova fase della storia del sistema internazionale contemporaneo è già iniziata: dopo quella della 'guerra fredda' (ovvero: della trattativa sull'orlo dell'abisso, 1945-1956), dopo quella dell''equilibrio del terrore' (che impone ai contendenti il compromesso storico internazionale, 1956-1962/68), il consolidamento dell'accordo raggiunto consente alle due potenze dominanti di verificare la loro capacità di imporre al sistema un vero e proprio 'ordine internazionale' (che è la situazione nella quale viviamo; anche se il suo vigore non è ancora esteso a tutto il mondo, tale è la sua vocazione). Di fronte all'intensificarsi e al consolidarsi di un rapporto particolare tra Stati Uniti e Unione Sovietica, che li ha visti passare dall'atteggiamento dello scontro virtuale a quello della pace assoluta (passando attraverso il riconoscimento della necessità — termonucleare — dell'armistizio), non potendo mirare allo scardinamento di un'ordine così

saldamente imposto, la strategia eurocomunistica non può che cercare di esorcizzarlo, sostenendo in primo luogo che non intende assolutamente metterlo in discussione e poi che, d'altra parte, esso non riguarda che i rapporti tra le grandi potenze: « Non vogliamo turbare i rapporti di forza stretegici fra i due blocchi, ma rivendichiamo il diritto del nostro popolo a scegliere liberamente il suo assetto politico e sociale » (*P.I.*, p. 163); ma « il ritiro unilaterale dell'Italia dalla Nato turberebbe l'intero processo di distensione, il quale si basa anche sull'equilibrio strategico fra le forze della Nato e quelle del Patto di Varsavia » (*P.I.*, p. 70). Queste due affermazioni, nella loro sinteticità, mi sembrano adattissime per aiutarci a porre la domanda più difficile all'eurocomunismo: come accoglierebbero il suo successo gli Stati Uniti e l'Unione Sovietica? Entrambi hanno validi motivi per non esserne entusiasti: i primi perderebbero degli alleati-sudditi, la seconda degli allievi irrequieti; ma il bilancio per entrambe le superpotenze sarebbe più pesante di quanto non appaia: i primi si ritroverebbero isolati, la seconda dovrebbe chiudere la scuola!

Poiché le superpotenze non potrebbero accettare una sconfitta così cocente per entrambe (anche se per motivi differenti), ma dato che nulla in realtà indica ancora che la loro posizione di garanti dell'ordine internazionale possa essere scalzata, finalmente le 'condizioni internazionali' rischiano di far sentire tutto il loro peso. Gli eurocomunisti vedono il loro sganciamento finale dai condizionamenti internazionali come un gioco di neutralizzazioni reciproche tra Stati Uniti e Unione Sovietica, i quali si ritroverebbero senza alternative (oltre a quella della guerra) e quindi costretti (per amor della pace) a consentire la prosecuzione delle vie eurocomunistiche al socialismo. Il gioco delle parti che gli eurocomunisti instaurano consiste nel rassicurare gli Stati Uniti sulla rottura dell'internazionalismo proletario da una parte, e l'Unione Sovietica sulla frantumazione del blocco capitalistico dall'altro (il pubblico di tutto questo è naturalmente l'elettorato italiano, così rassicurato).

a) *Dall'internazionalismo proletario alla solidarietà tra partiti comunisti.* Non c'è dubbio che i rapporti tra i partiti comunisti hanno conosciuto una evoluzione notevolissima, dall'epoca in cui si ispiravano a un internazionalismo che vedeva nell'Unione Sovietica il punto di riferimento fisso nonché « la base incrollabile dei rapporti tra i partiti marxisti-leninisti »[65], a quella in cui alla conferenza dei partiti comunisti e operai d'Europa (Berlino, 29-30 giugno 1976), Berlinguer ridefinisce l'internazionalismo (*tout court*, senza aggettivo) come il « sentirsi partecipi e protagonisti, nella azione che si svolge all'interno del proprio paese e su scala internazionale, di tutto il moto dei lavoratori e dei popoli che lottano per la propria emancipazione sociale e politica, per l'indipendenza nazionale, per la pace e il progresso dell'intera umanità »[66].

Al di là del puro carattere dottrinale della questione, non c'è dubbio che la distanza che separa la versione sovietica da quella di Berlinguer può essere considerata come il sintomo definitivo, per chi aveva bisogno di

altre conferme, oltre a quelle già contenute nelle prese di posizione critiche nei confronti del socialismo 'reale' sia russo sia degli altri paesi dell'Est, dell'acquistata libertà d'azione dei partiti comunisti occidentali. La distanza tra le due posizioni rischia di diventare addirittura un baratro: anche se in clima elettorale (15 giugno 1976), a proposito della egemonia sovietica Berlinguer dichiara: « io sento che, non appartenendo l'Italia al Patto di Varsavia, da questo punto di vista c'è l'assoluta certezza che possiamo procedere lungo la via italiana al socialismo senza alcun condizionamento »[67].

b) *Dall'anti-europeismo al superamento dei blocchi.* Dopo una pluriennale opposizione al processo di unificazione europea e quindi alla CEE, al XII congresso del PCI (1972) Berlinguer annuncia una « novità nella nostra posizione sull'Europa » (*Q.C.*, p. 421): « Il rilievo particolare che vogliamo dare al nostro impegno nell'Europa e nel ruolo del movimento operaio e democratico dell'Europa occidentale »[68]. A questa novità corrisponde la svolta, ben più significativa per la sua portata simbolica, nei confronti della Nato: mentre nel 1969 « l'uscita della Nato dall'Italia e dell'Italia della Nato » (*Q.C.*, p. 20) era un dato indiscutibile e ancora nel 1970 Amendola, riferendo sull'esperienza dei comunisti italiani nel Parlamento europeo, sosteneva che « bisogna portare l'Italia fuori dai blocchi, il che vuol dire in concreto, per noi italiani, fuori dall'Alleanza atlantica »[69], già nel 1973 Berlinguer poteva reimpostare il problema delle alleanze militari in questi termini: « I blocchi militari contrapposti sono stati concepiti e sono sorti come effetto e in funzione della guerra fredda ... Che cosa oggi rimane in piedi di quelle condizioni, di quegli obiettivi, di quella prospettiva? ... Nella sostanza, dunque, come furono allora concepiti e organizzati, nelle ragioni storiche e politiche per cui sorsero, sono superati, sono privi di prospettiva » (*Q.C.*, p. 546). La conclusione inevitabile sarà quindi che « non è realistico pensare a eventuali uscite unilaterali di singoli paesi dall'uno o dall'altro patto » (*Q.C.*, p. 877) e che se anche fosse al governo, il PCI non proporrebbe il ritiro né dalla Nato né dalla CEE, perché tutto ciò turberebbe l'intero processo di distensione, impedendo la « costruzione di un'Europa occidentale antifascista, democratica e di pace, che liquidi ogni atteggiamento di subordinazione economica agli Stati Uniti e alle società multinazionali », e quindi anche « il raggiungimento di quel grande obiettivo di pace e di progresso costituito dalla graduale unificazione del mercato mondiale »[70].

Avendo così dimostrato agli Stati Uniti che le relazioni interne tra partiti comunisti non possono ormai consentire alcun sospetto sull'indipendenza e l'autonomia di ciascuno di essi, e all'Unione Sovietica che non soltanto la Nato non deve più essere considerata un patto aggressivo, ma che addirittura i blocchi praticamente non esistono più, l'eurocomunismo può finalmente essere accettato anche nel linguaggio dei rappresentanti ufficiali dei partiti comunisti europei. Un primo riferimento, anche se ancora velato,

a quello che cinque anni dopo si chiamerà eurocomunismo, è fatto da Berlinguer nel 1971: alla luce delle convergenze che appaiono tra partiti comunisti dell'Europa occidentale, « la proposta che avanziamo non è certo di organizzare un 'centro dirigente', un qualche 'raggruppamento intermedio', ma di dare organicità e continuità ai rapporti di collaborazione tra i partiti comunisti dell'Europa occidentale » (*Q.C.*, p. 360). L'avvicinamento continua con la rivendicazione dell'originalità della politica in corso[71]. Nel 1975, una prima definizione, ancora tacita, dell'eurocomunismo: « Non c'è uno solo di questi paesi [dell'Europa occidentale] nel quale la politica del movimento operaio possa discostarsi da certi tratti comuni che sono caratteristici di una strategia di effettiva avanzata al socialismo di tutto l'occidente europeo. Tali tratti comuni si possono tutti riassumere nel concepire la trasformazione delle fondamenta e dei fini della società e del suo sviluppo come un processo capace di garantire in ogni suo momento il rispetto pieno di tutte le libertà individuali e collettive, e il loro concreto dispiegarsi »[72]. Infine, il 3 giugno 1976 nel discorso tenuto a Parigi (La Villette) da Berlinguer, fa la sua comparsa, sia pure tra virgolette, anche la parola eurocomunismo[73].

Ma ora che è vivo e vitale, l'eurocomunismo è chiamato a dichiarare esplicitamente le sue intenzioni. E per fargliele chiarire gli si chiede: *a*) i partiti eurocomunisti possono (o devono) rompere con l'Unione Sovietica? *b*) i partiti eurocomunisti possono liberarsi dagli Stati Uniti? Sul primo punto gli eurocomunisti sono attesi alla prova della verità da chi 'teme' l'eurocomunismo, per esempio R. Aron, che osserva: « Stando alle dichiarazioni dei più 'avanzati' tra gli eurocomunisti, essi restano a metà strada tra il loro lealismo alla Roma di ieri e la loro proclamata conversione. Ognuno di questi partiti afferma di essere solo responsabile della propria azione, ma interpretano tutti la congiuntura mondiale allo stesso modo; e così ricreano, almeno in parte, quell'internazionalismo da cui si distaccano »[74]. Ancora più pessimista è A. Kriegel che, in un'acida analisi dell'eurocomunismo, sostenuta dall'ipotesi che un partito comunista al potere non può fare che ciò che i comunisti hanno sempre fatto, individua tre possibili modi per definire l'eurocomunismo: o come « nuova varietà della famiglia comunista »[75], che resta quindi 'nella' famiglia, o come « una strategia rivoluzionaria di conquista del potere su scala regionale » (p. 24), che appartiene all'ambito 'rivoluzionario', oppure infine come « null'altro che una tentazione comune ad alcuni partiti comunisti » (p. 25), ma come si sa le tentazioni sono sempre cattive! E difatti neppure i tre scenari che discendono dalle tre definizioni mostrerebbero alcunché di nuovo: le possibilità di sviluppi futuri sono che 'l'aborto' eurocomunistico venga scordato a favore del ritorno all'ortodossia, o che si giunga a un nuovo definitivo scisma, che polverizzerebbe il movimento comunista mondiale (ma questo scenario è di gran lunga il meno probabile, anche se magari il più desiderabile, perché manca la volontà di rompere), o infine che partito comunista sovietico e partiti eurocomunisti si affidino a una « rinegoziazione permanente », alla quale spetterebbe di applicare una sordina al

tutto[76]. Più serena, ma sempre critica, la posizione di D. Blackmer, il quale conclude la sua analisi del PCI nel dopoguerra osservando che « due insiemi convergenti di calcoli impongono il mantenimento di certi legami di solidarietà con l'Unione Sovietica: l'uno scaturisce da una considerazione razionale degli effetti dell'equilibrio di forze internazionale sulla politica italiana, l'altro è profondamente radicato nell'ideologia e nella tradizione comunista e nelle esigenze interne di partito »[77].

Non tutti dunque credono alle proclamazioni di indipendenza dall'Unione Sovietica, la stessa rottura tra PCE e PCUS appare a molti frutto di ingenuità o di astuzia[78]. Le loro argomentazioni si basano quasi esclusivamente sul passato e sembrano ammonire i comunisti occidentali a non fidarsi dell'alleato sovietico, un po' come fa Kissinger: « È sintomatico il fatto che l'Unione Sovietica abbia usato la forza militare nel periodo del dopoguerra soltanto contro altri stati comunisti »[79]. Sul versante opposto, per quanto riguarda l'indipendenza dagli Stati Uniti o l'incapacità di questi ultimi ad arginare la forza centrifuga degli eurocomunisti, le lezioni della storia non sembrano molto diverse, senza contare inoltre che se l'Unione Sovietica, tutto sommato, è ancora lontana, gli Stati Uniti sono molto vicini e le loro basi militari costellano sia Spagna sia Italia. Indizi dell'impossibilità o della difficoltà di uscire dalla sfera di influenza statunitense sono noti: Cile, Portogallo. In che modo allora gli eurocomunisti pensano di poter dar vita a regimi socialisti (per quanto originali, caratterizzati cioè da una politica di alleanze, dal riconoscimento della pluralità dei partiti, dalla possibilità dell'alternarsi al potere delle maggioranze e delle opposizioni, dal ruolo delle autonomie dei sindacati, dal decentramento, dalla sollecitazione alla crescente partecipazione democratica dei cittadini e delle loro organizzazioni all'elaborazione delle decisioni fondamentali) (*P.I.*, pp. 145-46), che non debbano dipendere dagli Stati Uniti?

VIII CONCLUSIONE

Ancora una volta la risposta sembra affidata alle caratteristiche del sistema internazionale. Poiché l'indipendenza dagli Stati Uniti non può darsi all'interno di una struttura fondata su blocchi militari, l'obiettivo generale dovrà essere la dissoluzione di questi ultimi. Ma mentre per due decenni il PCI aveva subordinato le possibilità di sviluppo di un significativo processo di distensione all'abolizione dei blocchi militari (prima ci si disarma, poi si discute) per prevenire l'irrigidimento statunitense, ora la successione degli eventi si rovescia: « L'obiettivo del superamento dei blocchi non va dunque visto e posto, se si vuol essere realisti, come un *prius*, e cioè come la condizione preliminare necessaria per la distensione e l'instaurazione di un assetto internazionale di pace e di pacifica coesistenza e cooperazione, ma piuttosto come un effetto della distensione, o

meglio come un concreto processo che vada di pari passo con la distensione » (*Q.C.*, p. 876). Gli eurocomunisti riconoscono che in Europa e in altre aree mondiali esiste un equilibrio strategico militare fra i due blocchi[80], tenendo conto del quale è possibile che le due superpotenze, per bilanciarsi, si paralizzino (anche se non più con l'isterismo della guerra fredda) e che quindi all'Europa si presenti l'occasione di proporsi non come polo autonomo, ma almeno di collocarsi in una posizione di equidistanza, « sviluppando una propria autonoma iniziativa »[81].
La realizzazione di questa equidistanza, da intendere come collaborazione e amicizia con quel che resta di entrambi i blocchi e non come contrapposizione nei loro confronti deriva dall'intuizione secondo cui oggi, « per l'Europa, esistono condizioni nuove, possibilità diverse »[82]. Nel quadro della crisi generale del mondo capitalistico, e della crisi specifica del processo di costruzione comunitaria, si apre lo spazio per fare di un'Europa occidentale democratica, autonoma e unita « un protagonista capace di dare un positivo e autonomo contributo alla causa della pace e della cooperazione internazionale e al superamento della logica dei blocchi »[83].
Con la fusione (o confusione?) tra Europa ed eurocomunismo si conclude — mi sembra — il cammino internazionale di quella nuova concezione del « socialismo nella democrazia e nella libertà »[84] che è stata salutata come una via originale al socialismo caratterizzata da un « fermento rivoluzionario »[85], tanto che implica anche « un elemento di destabilizzazione dei rapporti sociali e dello *statu quo* sociale e politico che modifica la bipolarità dei rapporti Usa-Urss »[86]. Anche per Carrillo l'eurocomunismo è « un elemento rivoluzionario nella società d'oggi »[87]. Alla stessa conclusione giunge, sul versante opposto, Kissinger, per il quale l'andata al potere degli eurocomunisti costituirebbe un mutamento notevolissimo nella politica europea, avrebbe conseguenze enormi sulla struttura del mondo postbellico, altererebbe infine le prospettive di sicurezza e progresso per le nazioni libere[88].

In quale rapporto restano dunque pace e conquista socialista del potere in Europa, se dalla seconda dovesse venir sconvolta la prima, garantita e difesa com'è da Stati Uniti e Unione Sovietica? La chiave di volta che puntella il sistema eurocomunista è l'immutabilità del sistema internazionale al massimo livello, accompagnata dalla mutabilità assoluta dei sistemi nazionali. Ma la prima è affidata a due stati per nulla affascinati da un eurocomunismo destabilizzante e rivoluzionario: sarà sufficiente, come fa Berlinguer, negare che viviamo in « un mondo regolato e dominato dalle due maggiori potenze, cosa che, nel periodo storico attuale, non è del resto neppure pensabile »[89] per riuscire a esorcizzare il pericolo che il sistema per conservarsi elimini i suoi attentatori? Oppure si dovrà temere che, come nel caso delle Brigate rosse alle Botteghe Oscure, l'avventura finisca in un pirotecnico lancio a vuoto di bottiglie molotov? E cioè, fuor di metafora, che l'eurocomunismo, ricadendo nel vizio originale di separare lotta politica interna e internazionale, rischi di fornire un

involontario sostegno a un imperialismo che gli sembra di non dover più temere?*

L. B.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

* Il presente scritto tiene conto dei fatti avvenuti e della bibliografia pubblicata prima del Gennaio 1978, data alla quale esso è stato dato alle stampe.

53 La formula è presentata da TOGLIATTI nel *Rapporto* all'VIII congresso del PCI (1956), in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., p. 143. Non a caso G. BOFFA nel 1976 pubblica un saggio intitolato *1956: alcune premesse dell'eurocomunismo*, in *Studi storici*, XVII, n. 4.

54 Non credo che il 1956 indichi un'effettiva rottura nella storia del sistema internazionale contemporaneo, ma certamente ne è una tappa fondamentale, se non altro perché sancisce il passaggio dalla fase della 'guerra fredda' a quella della 'coesistenza pacifica' (ovvero dell'"equilibrio del terrore'), pur nel quadro della medesima struttura di rapporti.

55 Gli anni successivi al 1956 mostrano sempre più chiaramente la trasformazione dell'Unione Sovietica in grande potenza (nel senso tradizionale del termine) e quindi la fondatezza (anche se non necessariamente l'esattezza) della definizione di potenza 'socialimperialistica' attribuitale dalla Cina.

56 Cfr. E. BERLINGUER, *La 'questione' comunista*, Editori Riuniti, Roma, 1975, pp. 20-21 del primo volume. D'ora in avanti citato con la sigla *Q.C.*

57 Dalla conversazione di P. SPRIANO con B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 117.

58 Cfr. F. CLAUDIN, *op. cit.*, pp. 85-86.

59 Cfr. P. TOGLIATTI, *Sul movimento comunista internazionale*, cit., p. 264.

60 L'insistenza nel richiamare le 'vie nazionali' può far pensare che esse coincidano con l'eurocomunismo *tout court*, ma come s'è visto quelle erano già presenti nel pensiero di Lenin (che non è certo un proto-eurocomunista!). Del resto la eventuale sovrapposizione tra le due formule è esclusa non appena si pensi che mentre la 'via nazionale' proponeva un cammino diverso per giungere sempre allo stesso obiettivo (una società di tipo sovietico) l'eurocomunismo tende anche a un obiettivo originale (che quindi comporta pure un cammino originale), una società a direzione socialista, capace di evitare (sostituire) la 'dittatura del proletariato'. Da questo punto di vista, quella che è apparsa una mossa un po' troppo spettacolare del PCF, l'improvvisa abolizione del concetto di dittatura del proletariato, annunciata da G. MARCHAIS al XXII congresso (1976) del partito, acquista una ben diversa importanza: « Se la 'dittatura del proletariato' non figura nel progetto di documento per designare il potere politico nella Francia socialista per la quale lottiamo, è perché non rappresenta la realtà della nostra politica, la realtà di ciò che noi proponiamo al nostro paese », G. MARCHAIS, in B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 225. Il vuoto lasciato dalla dittatura del proletariato sarà colmato, in sintesi, dalla direzione unitaria esercitata da un'ampia alleanza che vada al di là della classe proletaria, sulla base di una libera scelta compiuta per mezzo del suffragio universale, espressione quindi della scelta popolare democratica.

61 E. BERLINGUER, *Rapporto* al XIV congresso del PCI, 1975, ora in *P.I.*, p. 15. C'è in questo 'sogno' una sfumatura trionfalistica che addirittura fa esclamare a Segre che forse ci troviamo di fronte a una « sorta di rinascimento europeo », S. SEGRE, *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 39.

62 Non si dimentichi che la spesa militare, specie se ad alto tenore tecnologico, è un ottimo antidoto contro le crisi del capitalismo.

63 Vedi, ad esempio, su questo periodo, che è uno di quelli per cui Stalin e lo stalinismo sono stati più duramente criticati, M. HAJEK, *Storia dell'Internazionale comunista (1921-1935)*, trad. it. Editori Riuniti, Roma, 1969; F. DE FELICE, *Fascismo, democrazia, fronte popolare*, De Donato, Bari, 1973; F. CLAUDIN, *La crisi del movimento comunista*, trad. it. Feltrinelli, Milano, 1974.

64 F. CLAUDIN, *Eurocomunismo e socialismo*, cit., p. 86.

65 V. ZAGLADIN, *L'internazionalismo, bandiera dei comunisti*, in *Pravda*, 20 aprile 1976, ora in *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 73. Più avanti, nello stesso articolo, viene precisato quale posto spetti nella storia all'esperienza sovietica: « L'esperienza accumulata dal movimento rivoluzionario mondiale, l'esperienza di qualsiasi partito è un aiuto inestimabile per i rivoluzionari di tutti i paesi. Non copiandola, ma studiandola attentamente, traendo lezioni da essa, qualsiasi partito facilita con ciò la via della lotta rivoluzionaria e le ricerche della giusta soluzione dei problemi che si pongono. Ed è indubbio che nonostante tutte le differenze della situazione lo studio, la conoscenza dell'esperienza dei paesi dove è già stata costruita e si sviluppa con successo la società socialista, sono utili anche a quei partiti che lottano per la trasformazione socialista della società nei loro paesi », p. 78. Vedi anche, nello stesso volume, gli interventi su questo tema di J. KANAPA.

66 E. BERLINGUER, *P.I.*, p. 168. Per altre definizioni, precedenti di alcuni anni e abbastanza divergenti da quest'ultima, vedi E. BERLINGUER, *Q.C.*, p. 222, p. 263, p. 265. Vedi anche, sull'abbandono dell'internazionalismo proletario, le osservazioni di S. SEGRE, *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 19, secondo il quale si tratta di una « concezione limitativa, autoriduttiva ». Come osserva F. CLAUDIN, alla conferenza di Berlino « quattro formule sacrosante dell'ortodossia marxista sono scomparse: 'marxismo-leninismo', 'dittatura del proletariato', 'internazionalismo proletario', 'lotta contro l'antisovietismo' », F. CLAUDIN, *op. cit.*, p. 44.

67 Intervista a G. PANSA, *Corriere della sera*, ora in *P.I.*, p. 159. Subito dopo BERLINGUER aggiunge: « Mi sento più sicuro stando di qua [nell'Europa occidentale], ma vedo che anche di qua ci sono seri tentativi per limitare la nostra autonomia », p. 160. Per quanto riguarda il momento finale del processo di ridefinizione dei rapporti inter-comunisti, culminato nella conferenza di Berlino, 29-30 giugno 1976, dei partiti comunisti europei, vedi L. MARCOU - M. RIGLET, *Du passé font-ils table rase?*, in *Revue Française de Science Politique*, vol. 26, n. 6, pp. 1054-79.

68 Questo passo è a p. 422 del primo volume di *La 'questione' comunista*. Sull'evoluzione dell'atteggiamento del PCI nei confronti dell'Europa, cfr. D. SASSOON, *Vers l'eurocommunisme. La stratégie européenne du PCI*, in *Dialectiques*, n. 18-19, 1977, pp. 31-57.

69 G. AMENDOLA, *I comunisti e l'Europa*, Editori Riuniti, Roma, 1971, p. 92. Amendola aggiungeva subito dopo un inciso che, allora ma non ora, non poteva che suonar strano, od originale: « In modo da dare la garanzia che ciò non significhi in alcun modo passaggio al blocco socialista ».

70 Le due ultime citazioni sono rispettivamente a p. 681 e a p. 841 del secondo volume di *La 'questione' comunista*.

71 « L'avanzata del socialismo nella parte d'Europa in cui noi operiamo richiede però la ricerca di strade nuove, diverse da quelle seguite in altri paesi », E. BERLINGUER, *op. cit.*, vol. II, p. 682.

72 E. BERLINGUER, *P.I.*, p. 95. Poche settimane più tardi l'eurocomunismo è assimilato a « vie ancora in parte inesplorate di avanzata verso il socialismo », *ibidem*, p. 102.

73 Carrillo, a sua volta, dà una definizione che non si discosta in nulla da quella del PCI, cfr. *L''eurocomunismo' e lo stato*, cit., p. 135. Molto più sfumato è invece il rinvio che fa all'eurocomunismo G. Marchais, cfr. E. BERLINGUER - S. CARRILLO - G. MARCHAIS, *La via europea al socialismo*, cit., p. 77. Mentre alla riunione di Berlino sia Berlinguer sia Carrillo parlano esplicitamente di eurocomunismo, Marchais non usa mai la parola, e in generale preferisce parlare di « socialismo con i colori della Francia ».

74 R. ARON, *Plaidoyer pour l'Europe décadente*, Laffont, Paris, 1977, p. 361. Nel suo proposito di smascheramento, Aron esclama: « l'Italia socialista conterebbe sull'imperialismo che i governanti insultano per tenere a bada la loro ex patria spirituale e l'ideocrazia che, nonostante tutto ha formato e forgiato la loro visione del mondo? », p. 381.

75 A. KRIEGEL, *Un autre communisme?*, Hachette, Paris, 1977, p. 23.

76 Mi sono riferito alle pp. 131-37 del citato lavoro di A. KRIEGEL. In Italia, tra altri, un atteggiamento di questo tipo è tenuto da G. ARE, *L'Italia e i mutamenti internazionali*, Vallecchi, Firenze, 1977, il cui anti-comunismo è però così viscerale che non può esser discusso.

77 D. L. M. BLACKMER, *Continuità e mutamento nel comunismo italiano del dopoguerra*, in *Il comunismo in Italia e Francia*, a cura di D. L. M. BLACKMER - S. TARROW, Etas Libri, Milano, 1976, p. 52. Per capire il PCI, quindi, secondo questo autore, bisogna rendersi conto che sta perseguendo « simultaneamente tre interessi non sempre compatibili: il rafforzamento dell'unità e della forza del partito stesso; il mantenimento dei suoi legami con l'Unione Sovietica, e il movimento comunista internazionale; la promozione delle alleanze politiche e sociali che possono assicurargli l'accesso al governo », p. 53.

78 Vedi un'ampia sintesi della dura recensione sovietica pubblicata su *Tempi nuovi* al libro di Carrillo in *Relazioni internazionali*, n. 27, 2 luglio 1977, con anche la replica del PCE, pp. 661-62.

79 H. A. KISSINGER, intervento alla *Conference on Italy and Eurocommunism*, organizzata dall'American Enterprise Institute for Public Policy e dall'Hoover Institution on War, Revolution and Peace, 2 giugno 1977. Ma c'è anche chi, più ottimisticamente, vede nell'eurocomunismo « qualcosa di nuovo e di convincente che si lega alla fine del sogno comunista e al ritorno alla realtà. C'è, voglio dire, nell'eurocomunismo un sentimento, una decisione pragmatici, una volontà nuova di adattarsi all'Europa com'è e di svolgervi una parte utile », G. BOCCA, *L'eurocomunismo*, in *Città e regione*, III, aprile 1977, p. 38.

80 E. BERLINGUER, *Q.C.*, vol. II, p. 876. Per una posizione analoga cfr. S. CARRILLO, *L''eurocomunismo' e lo stato*, cit., pp. 86-87.

81 E. BERLINGUER, *Q.C.*, p. 680. E ancora: « Una politica italiana ed europea che non sia né antisovietica né anti-americana può e deve essere egualmente una politica sempre più autonoma, libera, ricca di iniziative sia nel promuovere un'ampia cooperazione su scala pan-europea per affrontare problemi di interesse comune, sia nello sviluppo di rapporti di mutuo vantaggio con i paesi non europei », pp. 878-79. Ancora più in là si spinge, come sempre, Carrillo, il quale, giudicando che l'equilibrio militare è almeno per ora l'unica vera garanzia di pace, non vedrebbe nulla di male in « una fase in cui la difesa si articoli a livello europeo, in modo indipendente sia dagli USA che dall'URSS ... Nelle condizioni attuali, una articolazione difensiva di questo tipo potrebbe costituire, oltre tutto, una garanzia sia per gli USA che per l'URSS: le quali, del resto, con la scorta della loro immensa potenza nucleare, non hanno bisogno né di basi né di occupare territori stranieri per garantire la loro difesa », *L''eurocomunismo' e lo stato*, cit., pp. 133-34.

82 S. SEGRE, *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 37.

83 E. BERLINGUER, *Q.C.*, pp. 842-43. E Marchais: « Ciò che è all'ordine del giorno, oggi, è la creazione di una vera e grande Europa della pace e della sicurezza che nello stesso tempo sia l'Europa della cooperazione tra le nazioni uguali e libere di decidere ognuna del proprio destino », in E. BERLINGUER - G. MARCHAIS, *Democrazia e sicurezza in Europa*, Editori Riuniti, Roma, 1973, p. 45.

84 Dalla dichiarazione congiunta PCE - PCF - PCI, Madrid, 3 marzo 1977, in S. SEGRE, *op. cit.*, p. 214.

85 C. BUCI-GLUCKSMANN, *Eurocommunisme et problèmes de l'état*, in *Dialectiques*, primavera 1977, n. 18-19, p. 137.

86 C. BUCI-GLUCKSMANN, *op. cit.*, p. 137.

87 Nella conversazione con B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 127.

88 Cfr. H. A. KISSINGER, intervento citato.

89 E. BERLINGUER, *Q.C.*, pp. 839-40. Un esorcismo analogo era stato tentato da Marchais durante la conferenza di Berlino: « La coesistenza pacifica non può in alcun modo essere identificata con lo *status quo* sociale e politico nel nostro paese, con la spartizione del mondo in sfere d'influenza dominate dagli stati più potenti », cfr. *L'Humanité*, 1° luglio 1976.

Eurocommunism, or: "The Rules of the Game"

Part II: From Peaceful Coexistence to the Dissolution of the Blocks - The Triumph of Eurocommunism - Eurocommunism within the Present Structure of the International System - Conclusion

LUIGI BONANATE
Università di Torino

FROM PEACEFUL COEXISTENCE TO THE DISSOLUTION OF THE BLOCKS - V

Until a way could be found of guaranteeing an absolute safeguard against the aggressivity of imperialism, even if thermo-nuclear war were to be impossible (but in my view we can make matters clearer by saying: useless, in the current state of the international system), nothing was going to prevent the United States from maintaining the positions it had acquired: clearly, the USA was in a defensive position, but how could it ever be driven out of its strongholds? Eurocommunism holds that there exist such a way, and strangely enough the first great crisis of Soviet monolithism was to be the first to point it out, through destalinization and the revision of relations within the international socialist system, in the light of the principle of unity in diversity[53]. At the twentieth congress of the CPSU Kruschev declared that war was no longer inevitable. This premise formed the mainspring of the notion that international relations could enter into a new era. But destalinization and the abolition of the dogma of the inevitability of war against imperialism (and the ensuing dawn of the era of peaceful competition between different socio-economic regimes) were in the long run to produce what turned out to be a significant transformation of the international collocation of the Soviet Union. Whereas the Soviet Union had previously been the only bulwark against imperialism, the great assailant of the international order (in the eyes of the United States, at least), it now became the guarantor of this order (as shown in Hungary), accepting to share with the United States the responsibility for keeping the peace[54].

Along with the other defects in the nature of the Russian Soviet regime they were daily discovering, the European Communist parties were forced to recognize that the Soviet Union had also explicitly assumed a role of international leadership that no longer concerned only the communist parties scattered over the world, but in fact the whole world, in the same fashion as the imperialistic power. The objective consequence of all this was represented by the actual consolidation of the prospects for peace, and thus also by the plugging of the only hole that seemed to prevent the stabilization of the postwar world: if the Soviet Union was not going to provoke tension, but rather was going to pledge its efforts to eliminate it, then the structure of the international system was going to be blocked, frozen into an almost complete immobility (at least as far as concerned those states that were involved in the postwar settlements after the second world war)[55]. If the aim in the relations between the great powers was no longer to be that of avoiding war (for why on earth should they wage war?) but rather that of reinforcing the respective blocks and of guaranteeing non-interference in the internal

affairs of each group, then the western communist parties were thereby going to be freed from the need for Soviet protection, or maybe would have to free themselves from it, and this was to impel them towards a relaunching of the formula of the national roads which had been laid aside after the first enunciation.

The changed conditions within which imperialism now found itself formed the basis from which was to spring the new chapter of the analysis of the role played by the military alliances, which were an expression of the blocks, in the climate of peaceful coexistence. As far as specifically concerns the western countries belonging to Nato, their position at the outset involved forsaking the military pact in favour of a neutralistic position, and for the PCI this line endured from the time at which the secretary was Togliatti — who was still expounding it in the report to the Xnth. Congress — right up to the eve of Berlinguer's secretaryship[56]. But how was the transition to be made from the struggle against the Atlantic Pact, which by its very nature is an aggressive pact, to the « new mode of argument » that holds that the military structure deriving from the Atlantic Pact, Nato, « is if not a shield, at least an umbrella that allows one to carry out a more fruitful battle in Europe for socialism in a land of freedom, without the latter's being beleaguered by the East »[57]? This reversal was to lead down a long and winding road, stretching out over many years and many stages. Admittedly Nato was born as anaggressive pact, but given the Warsaw pact to offset it and the ensuing stabilization (balance of terror), it proved possible to embark on a policy of peaceful coexistence which took on a strategic value (Gruppi) and thus had to be maintained at all costs, even if this was to prevent the blocks from being materially dissolved. Peace was going to be the principal value to consolidate: the blocks too somehow contributed to this objective, first as the expression of a contraposition based on reciprocal dissuasion, and later as a simple organizational tool in relations within each block. The United States and the Soviet Union were now the watchdogs guarding over this situation. But what exactly was the position of the two thermonuclear powers within this framework? Their direct relations had gone from a phase of near clash (the cold war) to the opposite pole of collaborating in keeping the peace. After the Cuban crisis, in particular, progress was evident and tangible: besides, if it is true that wars were by now avoidable (or impossible) and that imperialism was obliged to become peaceful, albeit unwillingly, this collaboration was at one and the same time the result and the condition of the maintenance of the overall peace of the international system. But wasn't the weight of this collaboration going to run the risk of becoming so overwhelming as to hand over to the two superpowers the possibility of deciding the destiny of the world all by themselves? Admittedly in some respects imperialism was now shackled, but hadn't it at least managed to involve its partner-rival in its destiny?

The situation within which the communist parties that were not in power now had to move was extremely complex: against the background of the end of monolithism (and hence of the breakdown of that 'proletarian internationalism' which, whatever one thought of it, represented a fixed point of reference), the abandonment of the Leninist-violent model of rise to power (whether a conscious setting aside of a blocked path or thought to be imposed by the conditions of class struggle within each state) in favour of a peaceful transition to the « transition to socialism »[58], that was in its turn made necessary by the need to avoid armed responses of western provenance, all these created the risk that following on international recognition of its function as watchdog of law and order, the Soviet Union might stifle the already meagre dynamic potential that the structure of the international system could still give voice to. The requirements

of the consolidation of '(real) socialism in just one country' (and in few others) thus risked crushing the western communist parties between a peaceful and hence more stable imperialism and an anti-internationalistic and thus no longer revolutionary socialism. Thus once again considerations of an international nature seemed to circumscribe the freedom of action of the communist parties. In particular the problem of the redefinition of relations with the Soviet Union, not only for internal reasons (how should one provide the rank and life membership of one's party with a justification first for the cooling off and indeed later for the virtual breakdown in relations with the country long held up as the model to follow?), but principally because of the danger that the ties with the Soviet Union might turn into a stranglehold preventing any independent initiative aimed at exploding the immobility of the international system.

What now threw into relief the crisis of relations within the international socialist system was the revision of the judgment passed by the Soviet Union on American imperialism (which represented the condition for the stipulation of the 'historical compromise' on an international scale): a theoretical reconsideration along the lines of seeing imperialism as trapped by the overkill power of thermo-nuclear arms and hence forced to suffer peaceful coexistence was surely a different kettle of fish from the implications deriving from the decision to collaborate with the imperialistic power in keeping the international state of affairs as little changed as possible, even if this should be damaging to one or more of the communist parties. Between the two positions there is, assuredly, but a difference of degree, for the real turning-point was represented by the denial of the Leninist 'prejudice' concerning the inevitability of the self-destruction of imperialism which was substituted by the cripto-Kautskian conception of ultraimperialism; but it is a difference that ended up preventing the allies of either side from taking any initiative which could disturb the situation: that the price of peace is order is in any case nothing new.

This in fact was the situation that was to be denounced by China, and it is significant that it was problems concerning the nature of imperialism, the inevitability or otherwise of wars, the role of thermo-nuclear arms, and social-imperialism coming to terms with imperialism, that ushered in the official break between the Soviet Union and China (even if the reasons for the conflict are not all of them so theoretical). Faced with the split looming up in the communist world, the western communist parties now risked finding themselves crushed: adhering to the Soviet line was going to be tantamount to accepting the impossibility of rising to power, while adhering to the Chinese line was going to mean opening up again the spiral of the cold war, fearing the imperialistic war with the result of once more seeing the prospect of socialism recede. The complexity of the policy that the PCI was once again to be the first to elaborate showed the way to escape from this trap: on the one hand, unconditioned support of the policy of peaceful coexistence, but on the other, the refusal (avoiding also a head-on clash with China) to identify in too peremptory a fashion the line of the western communist parties with that of the CPSU and thus of the Soviet Union. Instead of the dissolution of the equilibrium with the United States, the solution that was to be pursued was that of the redefinition of the internal relations between communist parties. This was a choice which the Sino-Soviet split rendered inevitable, but it had already been hit upon quite some time before, namely since the international communist system had in 1956 had to suffer the two extremely serious shocks of destalinization on the one hand and the Hungarian uprising on the other. And indeed it was from that moment on that Togliatti was to relaunch the formula of the Italian road to socialism, using it as the title of the report to the Central Committee of the PCI on June 24th. 1956, and maintaining, in the interview granted to *Nuovi argomenti*,

that « the political structure of the world communist movement is no longer the same today » and that « the Soviet model cannot and must no longer be obligatory »[59].

As far as concerns specifically the problem of the compatibility between peaceful coexistence and the rise to power in the western European countries, the new position with respect to the Soviet Union was to take on considerable significance: keeping Moscow at arm's length made it possible to thwart the automatic reaction that claimed that a communist party in power in western Europe meant handing over the state in question to the Soviet Union and in particular to the Red Army, something which could hardly fail to unleash the immediate reaction of the United States, if none other than as a defensive move aimed at a general conservation of the *status quo*, which seemed to be turning into the law itself of the international system. But since the absolute immobility deriving from peaceful coexistence would, precisely for this latter reason, play into the hands of the United States and against the national roads, one finds at this point the polycentrism of the international socialist system acting as the condition for preserving a certain fluidity in international relations, such as could in its turn afford manoeuvreing space for the process of peaceful and independent rise of socialism. Fears that peaceful coexistence could in this manner be harmed were silenced by the western communist parties' pointing to the centrality of the direct relationship between the United States and the Soviet Union, a gambit which enabled them to avoid being forced to concede the correctness of the Chinese view which would be implied by the final move: declaring the advent of the uselessness of the military blocks. For if it were to be true that the military pacts and in particular Nato no longer were aggressive in character, the advance towards socialism would encounter no further hindrances, at least of an international character, and the Chinese accusation of revisionism and bargaining with imperialism would have no reason to stand.

The position of the PCI on international politics at the threshhold of Eurocommunism was thus organized along the following basic lines: 1) defense of peaceful coexistence, which was claimed to « impose itself more and more as an *objective necessity*, as the indispensable fundamental condition for the salvation of mankind » (*Q.C.*, p. 542); 2) acceptance of the special role of the United States and the Soviet Union, where this role does not consist of « an agreement between the two world super-powers (United States of America and USSR), at the expense of all the other States and of the rights of all people, which amounts to the two supreme world superpowers sharing out and dominating the other countries », but rather is « fully legitimate and necessary » (*Q.C.*, p. 543); 3) going beyond the blocks, which, « as they were conceived and organized at that time and in respect of the historical and political motives that gave rise to them, are anachronistic and short-sighted », even though « it must realistically be realized that the aim, the dissolution of the blocks, is not something that can be decreed and enacted from one moment to the next » (*Q.C.*, p. 546). This is but a step away from proclaiming the birth of Eurocommunism: the discovery of a new role of western Europe: « thus in the perspective of going beyond the blocks and of the reconstitution of a form of unitary presence of the whole of Europe, we are fighting for a Western Europe that we wish to see democratic, independent and peaceful: that should be neither anti-Soviet nor anti-American but rather should set iself the task of engaging in friendship and cooperation with America and the Soviet Union » (*Q.C.*, p. 548).

THE TRIUMPH OF EUROCOMMUNISM - VI

The development of Eurocommunism, when viewed from the vantage point of international relations, reveals a curious characteristic: after having organized itself specifically around the initial careful analysis of international political problems and after

having underlined their importance for the political struggles inside the states too, it reaches the conclusion that in actual fact the structure of the international political system has nothing to do with the socialist rise to power (for it cannot influence it) within the states. Manoeuvreing space for the national roads seems to be so neatly tucked into the folds of peaceful coexistence that now neither the United States nor the Soviet Union (and China even less) can interfere in the internal problems of European states[60]. The careful respect of international conditions is thought to indicate that nothing and no-one can bar the way to independent socialism. There is so much optimism (but as much long-sightedness?) in Eurocommunism that « if we wish to cast our glance a little further afield one may imagine that the development of peaceful coexistence and of a system of cooperation and integration that is so widespread as to progressively overcome the logic of imperialism and capitalism ... might well endow with plausibility the hypothesis of a « world government » that is the expression of the consensus and the free concourse of all countries »[61].

Far be it from me to crush the enthusiasm Eurocommunism has raised, but I fear that its supporters, who as indeed we have seen certainly do not neglect international political affairs, may in their efforts to dismantle international fetters fail to carry their analysis to its proper conclusion. The path of Eurocommunism may be strewn with more obstacles than imagined if it should be discovered that not all the 'conditions' of the international system can be respected, i.e. removed. In the Eurocommunist analysis these conditions are: 1) imperialism, whether or not it has changed its skin, can no longer do what it likes; 2) peaceful coexistence, which for this very reason came to exit between the two blocks, has witnessed the consolidation of the cooperation between the United States and the Soviet Union to the point of rendering Nato and the Warsaw pact superfluous; 3) the rise to power within each state cannot be conditioned from the outside, either from the West or from the East, and thus can be peaceful. The corollary of all this offers the final guarantee: why actually not just national roads, but one common European road? The reasoning is clear: for if it should come to the pass of three countries setting out on and continuing along their road to socialism not on their own but in company, then this new form of international solidarity will give assurance of the power of those partaking in it and hence of the uselessness of the efforts of any who would struggle against it. But the three Eurocommunistic cornerstones can also be subjected to an analysis that does not leave as much freedom as wishful thinking supposed.

a) The Limits of Imperialism. In his comment on the historic and victorious conclusion of the struggle of the Vietnamese people, Berlinguer provides a clear summary of the position with respect to imperialism: « firstly, confirmation of the intrinsically aggressive nature of imperialism, of the crimes of which it renders itself guilty, of the destructive character it takes on when it sees the bases of its dominion preyed upon and threatened », secondly, « imperialism can no longer do what it likes, it can be beaten, forced to retreat, pinned down to respecting the rights of peoples » (*P.I.*, p. 55). But is it sufficient to think that imperialism, having suffered some defeats, is now impotent? If it were true that it is so much on the losing side, why accept permanent negotiations with it, or a compromise? Its nature is still an aggressive one: but why, after having shown its aggressivity in certain cases, does it fail to act aggressively in other cases and is assumed to be unlikely to do so? The Eurocommunistic reply is: because if imperialism were to show its true face in each and every circumstance, such as an intervention in a European state, a world conflagration would ensue.

It is correct to maintain that with the turning point of the second world war im-

perialism lost the absolute freedom it had previously enjoyed; that it therefore entered into a new and different phase is an unexceptional claim: but at that very same time the United States managed to consolidate a very extensive empire, founded on much tighter links than had ever heretofore bound an imperialistic power to its prey. In this situation, then, for the United States too there seemed to be dawning an era of peaceful struggle for capitalism: aware of the harmfulness of world war, the USA drastically increased its thermo-nuclear stock, which allowed it to impose its own version of peaceful coexistence even if under another name: the politics of deterrence. In the framework of this strange peace running on the dialectical fly-wheel of 'arms race / reduction and control', the USA was now able to have recourse to peaceful instruments for the reinforcement of the empire. If it is true that in war the USA suffered some defeats (Vietnam), may not one deduce from this that peace is to its advantage?

b) *Peaceful Coexistence.* On closer examination, in fact, the United States have never opposed peaceful coexistence, even if in their version it displayed the dramatic aspects of politics on the edge of the abyss. The duty of peace has thus, for the United States, turned into an opportunity for consolidation of the *status quo* that involves the Soviet Union in the plan of unchangeing stabilization of the international set-up: every challenge to this set-up is countered by deterrence. Aware that it is no longer omnipotent, imperialism turns to its opponent to seek the latter's collaboration, even if in a compromising manner. The devaluation of the military blocks in this framework does not, in the United States view, allow anti-imperialistic ventures to rear their heads, but on the contrary is evidence of the unchangeability of the situation. The international system appears to be so solid that with the passage of time the threat of the third world war has come to seem unrealistic, to the point that today it can be deemed useless rather than impossible. Finally, the development of arms negotiations reveals the tacit staging of the international historical compromise that the United States has managed to force or persuade the Soviet Union into: if imperialism were still aggressive, or were thinking of war, why should it negotiate for the redimensioning of its arsenals? If the Soviet Union is the main bulwark of the socialist world why should it risk dismantling its defenses? The great negotiations concerning arms reductions, which are duly greeted as further steps in the process of détente (which may well be true) conceal a fundamental contradiction: should the weapons which form the object of the negotiations be of crucial importance in determining the outcome of a hypothetical conflict, and should the United States agree to jettison them, then this must mean that the USA has lost its aggressivity; but should the reduction be really substantial, then the dreadful fear of war that has been indicated as the condition for peaceful coexistence would come to be lacking. If the opposite is the case, namely if the weapons in question are not crucial, then imperialism would in fact achieve an even more advantageous objective: that of rationalizing its own military policy, freeing itself of arms that have become obsolete and pursuing technological research on new devices to be submitted to negotiations later on[62]. So then, at this point, could one not conclude that the policy of 'control' of arms and of the international situation, while beneficial to the socialist world which thus no longer need fear the aggressivity of imperialism, is actually even more beneficial to the latter, since by raising or lowering the stakes imperialism can make nuclear peace seem at times more of a certainty, and at times less?

c) *The Rise to Power and External Conditioning.* Not only is it true that so far socialist rise to power has been obtained at gunpoint, but it is equally true that in the contemporary international system (and I think this could also be generalized to past

states of affairs) there has been no case of peaceful passage from one block to the other or, more in general, from one alignment to the other. There have been instances of the birth of socialist states following on the crumbling of the colonial empires, but these can be subsumed under the rubric of the elimination of anachronistic situations (and which instances indeed have been painless?); in only one case has the peaceful road been followed completely, but unfortunately it clashed with Pinochet and with the true face of American imperialism that could not tolerate an example which, by the very virtue of its peaceful attributes, risked becoming contagious. That the case of Chile provided a bitter and highly instructive lesson was immediately realized by Berlinguer, who used the analysis of the Chilean facts (*Q.C.*, pp. 609-39) as the springboard for the proposal of the 'historical compromise', the purpose of which was supposed to be not only to make it possible to go beyond the threshold of electoral majority, but also to permit the aggregation of a great majority able to disappoint hopes the external adversary might nurture of finding allies within. Personally, I do not doubt that if one accepts the Eurocommunist line in terms of one's political persuasion, then the historical compromise does represent the key that definitively opens the peaceful door to the rise to power. But, even without harping on the difficulties that the policy of alliances can be faced with, the fact remains that the historical compromise traces out a tendency, an objective concerning which there is no absolute certainty that it can be reached, especially since it is a strategy which, though very strong once achieved, is very frail (namely exposed to all winds) along the way. How many — peaceful — roads can imperialism excogitate to hinder it?

One thing is certain: real imperialism — if such an animal exists — does not change nature just because there is a change in the analysis of it furnished by its critics; it acts independently of any theoretical judgment passed on its stages of development. But while it fails to influence the reality of the goings-on the imperialistic countries, the theoretical analysis of these problems substantially conditions the political strategy deriving therefrom. One need only consider, for instance, the consequences for the social democratic regimes of the analysis carried out within the IIIrd. International: these were viewed as allies of fascism, and thus was born the formula of 'social-fascism' and a political strategy that later was to come in for wholesale disavowal, partly because it was responsible for the incapacity to evaluate the growth of Nazism in Germany and ultimately to oppose this[63]. That the rise to power in western European countries can come about bringing with it the transition to socialism, which no external conditioning would be able to prevent, thanks to the emergence of an indestructible structure of peaceful coexistence, is a forecast that leads to the elaboration of a political strategy (that of Eurocommunism): but it is a forecast that is based — and could not be otherwise — on a theoretical and ideological judgment concerning the present-day nature of the imperialistic phenomenon and thus on the historical limits attributed to imperialism. In order to be able to embark on the march towards socialism, in Lenin's view one would inevitably have to pass through the crisis of a given society (*Extremism*), a crisis « which involves the utmost intensification of class struggle for the very reason that the defeat of monopolistic capital means sparking off the process of definitive elimination of capitalism, ushering in the socialist transition »[64]. For the Eurocommunists the permanent crisis of imperialism can be contained within peaceful bounds — and thus it must remain in order for Eurocommunism to make sense —. But will this obligation towards peace, under the asupices of which the phase of advanced democracy is supposed to unfold, be at one and the same time sufficiently binding to ensure avoidance of the explosion of interimperialistic contradictions and sufficiently flexible to allow the introduction of ever newer and more ad-

vanced elements of socialism within some of the states that not only form part of the international imperialistic market but indeed constitute a fundamental element of survival of the capitalistic system itself?

EUROCOMMUNISM WITHIN THE PRESENT STRUCTURE OF THE INTERNATIONAL SYSTEM - VII

From the moment of Eurocommunism's official debut, a new phase in the history of the contemporary international system has already begun: after the 'cold war' phase (or: the phase of negotiation on the edge of the abyss, 1945-1956), after that of the 'balance of terror' (which imposed the international historical compromise on the opponents, 1956-1962/68), the consolidation of the agreement reached has allowed the two dominating powers to test out their capacity to impose a genuine 'international order' on the system (which is the situation in which we live; even if this order does not yet obtain throughout the whole world, such is in fact its vocation). Faced with the intensification and consolidation of a special relationship between the United States and the Soviet Union, that had seen them pass from an attitude of virtual clash to that of absolute peace (passing through the recognition of the — thermonuclear — necessity of the armistice), and unable to aim at unhingeing such a solidly established system, the Eurocommunistic strategy could do no more than try to exorcise it by maintaining in the first place that it has no intention at all of calling it into question, and secondly by claiming that the matter only concerns relations between the great powers: « We do not wish to disturb the relations of strategic force between the two blocks, but we assert the right of our people to be free to choose their political and social set-up» (*P.I.*, p. 163); but «the unilateral withdrawal of Italy from Nato would disturb the whole process of détente, since this is partly based on the strategic balance between Nato forces and those of the Warsaw pact » (*P.I.*,, p. 70). These two statements, synthetic the way they are, seem to me to be just right to help us ask Eurocommunism the most difficult question: what kind of a welcome would its success get from the United States and the Soviet Union? Both have valid reasons for not being enthusiastic about this prospect: the former would lose allies-cum-subjects, the latter, restive pupils; but the balance sheet for both superpowers would be more disheartening than might seem: the former would find themselves isolated, the latter would have to close the school!
Since the superpowers would not be able to accept a defeat so excruciating for either side (even if for different reasons), but given that as yet nothing actually suggests that they can be ousted from their position as guarantors of the international order, there is a risk that the 'international conditions' will at last make the whole of their weight felt. The Eurocommunists view their final disengagement from international conditioning as the juggling of reciprocal neutralizations between the United States and the Soviet Union, in which the USA and the Soviet Union are thought of as finding themselves deprived of alternatives (other than that of war) and therefore obliged (for the sake of peace) to consent to the continuation of the Eurocommunistic roads to socialism. The part-playing that the Eurocommunists set up consists in reassuring the United States on the one hand concerning the split in proletarian internationalism, and the Soviet Union on the other regarding the disintegration of the capitalistic block (and the public for which all this is acted out is of course the Italian electorate, thereby reassured).

a) From Proletarian Internationalism to Solidarity between Communist Parties. There is no doubt that relations between communist parties have undergone a remarkable evolution, from the time they drew their inspiration from an internationalism which held up the Soviet Union as a fixed point of reference and furthermore as « the unshakable basis of relations between Marx-

ist-Leninist parties »[65], up to the time of the conference of communist and workers' parties in Europe (Berlin, June 29th. - 30th. 1976), when Berlinguer redefined internationalism (*tout court*, without adjective) as « feeling oneself to be a participant and a protagonist, in the actions carried out within one's own country as well as on an international scale, to further, of the whole of the worker movement and of peoples struggling for their own social and political emancipation, for national independence and the progress of all of mankind »[66].

Beyond the purely doctrinaire aspects of the question, there is no doubt that the distance which now separated the Soviet version from that of Berlinguer could be taken as the definitive sign, for anyone who needed further evidence, beyond the symptoms already contained in the critical positions taken up against 'real' socialism, whether Russian or of the other eastern European countries, that the western communist parties had by now acquired freedom of action. In fact the gap risked becoming a vast abyss: even though it was the electoral period (June 15th. 1976), Berlinguer made the following comment concerning Soviet hegemony: « I feel that since Italy does not belong to the Warsaw pact, from this point of view there is absolute certainty that we can proceed along the Italian road to socialism without any conditioning at all »[67].

b) From Anti-Europeanism to the Overcoming of the Blocks. After numerous years of opposition to the process of European unification and thus to the EEC, at the XIIth. congress of the PCI (1972) Berlinguer announced a « new element in our position regarding Europe » (*Q.C.*, p. 421): « the particular emphasis we wish to place on our commitment to Europe and to the role of the worker and democratic movement in western Europe »[68]. To this new element there corresponded the move with respect to Nato, much more significant as regards its symbolic value: while in 1969 « the withdrawal of Nato from Italy and of Italy from Nato » (*Q.C.*, p. 20) was an undebatable fact and in 1970 Amendola, reporting on the experience of Italian communists in the European parliament, still maintained that « Italy must be led out of the blocks, which in concrete terms, for us Italians, means out of the Atlantic Alliance »[69], already in 1973 Berlinguer was able to take a fresh look at the problem of the military alliances, when he remarked: « the opposed military blocks were conceived and arose as an effect and in function of the cold war ... What is left standing today of those conditions, those objectives, that perspective? ... Basically, then, as they were conceived and organized at that time and in respect of the historical and political motives that gave rise to them, they are anachronistic and short-sighted » (*Q.C.*, p. 546). The inevitable conclusions was thus that « it is not realistic to conceive of individual countries withdrawing from one or the other block » (*Q.C.*, p. 877) and that even if it were to be in power, the PCI would neither propose withdrawal from Nato nor from the EEC, because all this would disturb the whole process of détente, in that it would prevent both the « construction of an anti-Fascist western Europe, democratic and peace-loving, such as can eliminate all attitudes of economic subordination to the United States and the multinational companies », and also « the achievement of that great objective of peace and progress that is constituted by the gradual unification of the world market »[70].

Having thus proved to the United States that internal relations between communist parties no longer warrant any suspicion as to the independence and autonomy of each one of them, and to the Soviet Union that not only must Nato no longer be considered an aggressive pact, but indeed the very blocks practically no longer exist, Eurocommunism was now finally ready to be accepted even in the speech of the official representatives of the European communist parties. A first reference, even though veiled, to what five years later was to be called Eurocommunism, was made by Berlinguer

in 1971: in the light of the emerging convergences between the western European communist parties, « the proposal we are putting forward is by no means that of organising a 'governing centre' or some 'intermediate grouping', but rather one of endowing the relations of collaboration between western European communist parties with organic unity and continuity » (*Q.C.*, p. 360). The approach continues with the claim of the originality of the political line being followed at that time[71]. 1975 saw a first definition of Eurocommunism, though still tacit: « there is not one of these countries (of western Europe) in which the political line of the worker movement can dissociate itself from certain common traits that are characteristic of a strategy of real advance towards socialism of the whole of the European west. These common traits can all be summed up as conceiving the transformation of the foundations and aims of society and its development as a process able to guarantee at any given moment full respect of all individual and collective freedoms and their concrete unfolding »[72]. Finally, on June 3rd. 1976 in the speech given in Paris (La Villette) by Berlinguer, there also appeared, albeit within inverted commas, the word Eurocommunism[73].

But now that it is alive and kicking, Eurocommunism is being summoned to state its intentions explicitly. And in order to induce it to clarify matters the following questions are put to it: *a*) Can (or must) the Eurocommunist parties break with the Soviet Union? *b*) Can the Eurocommunist parties free themselves from the United States? On the first point the proof of the Eurocommunist pudding will be in the eating for those who 'are frightened by' Eurocommunism, as for instance R. Aron, who observes: « Judging by the statements of the more 'advanced' among the Eurocommunists, they have stopped half-way between their allegiance to the Rome of yesterday and their proclaimed conversion. Each of these parties claims to be solely responsible for its actions, but they all interpret the world economic situation in the same manner; and thereby they at least partially recreate the internationalism they are detaching themselves from »[74]. Even more pessimistic is A. Kriegel who, in an acid analysis of Eurocommunism resting on the hypothesis that a communist party in power can do no other than what communist have always done, identifies three possible ways of defining Eurocommunism: either as « a new variety of the communist family »[75], which thus stays 'in the' family, or as « a revolutionary strategy for rise to power on a regional scale » (p. 24), which belongs to the 'revolutionary' framework, or finally as « nothing other than a temptation common to some communist parties » (p. 25), but it is well known how wicked temptations always are! And in fact not even the three scenarios that derive from the three definitions would reveal anything new: the possibilities of future developments are either that the Eurocommunistic 'abortion' will be forgotten in favour of a return to orthodoxy, or else that things will come to the point of a new definitive schism, which would pulverize the world communist movement (but this scenario is by far the least probable, even if it is perhaps the most desirable, because the will to make a clean break is lacking), or finally that the Soviet communist party and the Eurocommunist parties will place their trust in a « permanent renegotiation », the task of which is supposed to be to soft-pedal the whole matter[76]. The position of D. Blackmer is more serene, though still critical; he concludes his analysis of the PCI in the postwar period by observing that « two converging sets of calculations impose the preservation of certain links of solidarity with the Soviet Union: one springs from a rational consideration of the effects of the international balance of forces on Italian politics, while the other is deeply rooted in the communist ideology and tradition and in the internal party requirements »[77].

Not everybody, then, believes the proclamations of independence from the Soviet Union, and the very break between the

PCE and the CPSU appears to many people to be the fruit of naiveness or of cunning[78]. The types of arguments used are almost exclusively based on the past and seem to warn western communists not to trust the Soviet ally, rather as Kissinger does, « it is symptomatic that the Soviet Union used military force in the postwar period only against other communist states »[79]. On the other side, as far as concerns independence from the United States or the inability of the latter to restrain the centrifugal force of the Eurocommunists, the lessons of history do not seem to be so very different, without counting furthermore that whereas the Soviet Union, in the last analysis, is still far removed, the United States are very close and the US military bases are studded all over both Spain and Italy. The evidence of the impossibility or the difficulty of escaping from the United States sphere of influence is well known: Chile, Portugal. In what way then do the Eurocommunists think that they can establish socialist regimes (however original these may be, i.e. characterized by a policy of alliances, by the recognition of the plurality of parties, by the possibility of majorities and oppositions succeeding each other in power, by the role of the trade union autonomies, by decentralization, by the encouragement given to citizens and their organizations urging the population towards increasing democratic participation in the elaboration of fundamental decisions) (*P.I.*, pp. 145-46) without these regimes depending on the United States?

CONCLUSION - VIII

Once again the answer seems to be entrusted to the characteristics of the international system. Since independence from the United States cannot come about within the framework of a structure based on military blocks, the general objective must be that of the dissolution of the latter. But while for decades the PCI subordinated the possibilities of development of a significant process of détente to the abolition of the military blocks (first let's have disarmament, then discussion can get going) in order to forestall a stiffening of the United States attitude, now the succession of events is seen to have been reversed: « The objective of overcoming the blocks must not, if we are going to be realistic, be seen and stipulated as a *prius*, that is, as the necessary preliminary condition for détente and for the establishment of an international set-up of peace and peaceful coexistence and cooperation, but rather as an effect of détente, better still as a concrete process that ought to go hand in hand with détente » (*Q.C.*, p. 876). The Eurocommunists recognize that in Europe and in other world areas there is a military strategic balance between the two blocks[80] and once this is taken into account, it is possible that the two superpowers, in their efforts to stay equal, will become paralyzed (even though no longer in the hysterical fashion on the cold war) and thus the opportunity will arise for Europe not so much to propose itself as an independent pole but at least to collocate itself equidistant from either side, « developing an independent intitiative of its own »[81]. The actualization of this equidistance, which is to be understood as collaboration and friendship with what remains of both blocks and not as the taking up of a position opposed to either one of them, derives from the intuition which has it that today « there exist new conditions, new possibilities for Europe »[82]. In the framework of the general crisis of the capitalistic world and of the specific crisis of the process of building the community a space is being opened up for turning a democratic, independent and united western Europe into « a protagonist able to give a positive and independent contribution to the cause of peace and of international cooperation and towards overcoming the logic of the blocks »[83].

In my view, the fusion (or confusion?) of Europe and Eurocommunism brings to an end the international path of that new conception of « socialism in democracy and in freedom »[84] which was hailed as an original road to socialism characterized by a « revolu-

tionary ferment »[85], so much so as to imply even « an element of destabilization of social relations and of the social and political *status quo*, modifying the bipolarity of USA-USSR relations »[86]. For Carrillo too Eurocommunism is « a revolutionary element in the society of today »[87]. Coming at it from the opposite side, Kissinger reaches the same conclusion, since he assumes that the rise to governmental power of the Eurocommunists would constitute a considerable change in European politics and would have enormous consequences on the structure of the postwar world, and lastly would alter the prospects of security and progress for the free nations[88].

What then can be the relation between peace and socialist rise to power in Europe, were the latter to shatter the former, given that the former is guaranteed and defended by the United States and the Soviet Union? The keystone supporting the Eurocommunistic system is the unchangeability of the international system on the highest level, together with the absolute changeability of the national system. But the former is entrusted to two states that are by no means attracted by a destabilizing and revolutionary Eurocommunism: will it be enough to do as Berlinguer does, to deny that we live in « a world regulated and dominated by the two major powers, something that in the current period of history is not even thinkable »[89], in order to manage to exorcise the danger of the system's eliminating its assailants in order to preserve itself? Or must we fear that just as in the case of the Red Brigadists at the Botteghe Oscure headquarters the adventure will end up as a pyrotechnical dud throw of molotov bottles? That is, leaving aside the metaphor, that Eurocommunism, having fallen back into its old vice of separating the internal political struggle from the international one, will risk providing an involuntary support for an imperialism it thinks it need no longer fear?*

L. B.

Translation: R. Costa Barritt - Pisa

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

* This article takes into account all the events that occurred and the bibliography that was published before January 1978, the date at which it was submitted for publication.

53 The formula was presented by Togliatti in his *Report* to the VIIIth. congress of the PCI (1956), in *Storia del PCI attraverso i congressi*, cit., p. 143. It is no accident that in 1976 G. Boffa published a study entitled: *1956: Alcune premesse dell'eurocomunismo*, in *Studi storici*, XVII, N. 4.

54 I do not believe that 1956 signalled a real break in the history of the contemporary international system, but it certainly marks a fundamental stage, if for no other reason than that it signals the transition from the 'cold war' phase to that of 'peaceful coexistence' (alias 'the balance of terror'), though still within the framework of the same structure of relations.

55 The years following 1956 show more and more clearly the transformation of the Soviet Union into a great power (in the traditional sense of the term) and thus the motivatedness (though not necessarily the exactness) of the definition of 'social-imperialistic' power used by China to describe the Soviet Union.

56 Cf. E. Berlinguer, *La 'questione' comunista*, Editori Riuniti, Roma, 1975, pp. 20-21 of the first volume. Henceforth this work will be referred to by the abbreviation *Q.C.*

57 From P. Spriano's conversation with B. Valli, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 117.

58 F. Claudin, *op. cit.*, p. 109.

59 Cf. P. Togliatti, *Sul movimento comunista internazionale*, cit., p. 264.

60 The continual harping on the 'national roads' may lead one to believe that they coincide with Eurocommunism *tout court*, but as we have seen these roads were already present in Lenin's thought (and Lenin was hardly a proto-Eurocommunist!). Besides, the possibility of total overlap between the two formulas is ruled out as soon as one recalls that while the 'national road' proposed a different path to reach one and the same objective (a Soviet-type society), Eurocommunism is actually striving towards an original objective (which thus also involves an original path), a socialistically governed society, able to avoid (substitute) the 'dictatorship of the proletariat'. From this point of view, what appeared to be an overly spectacular move of the PCF, the sudden abolition of the concept of the dictatorship of the proletariat, announced by G. Marchais at the XXIInd. party congress, can be seen in quite a different light: « If the 'dictatorship of the proletariat' does not appear in the outline of the document to designate the political power in the socialist France for which we are fighting, this is because it fails to represent the reality of our policy the reality of what we are proposing to our country », G. Marchais, in B. Valli, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 225. The empty space left by the dictatorship of the proletariat will, in synthesis, be filled by the unitary rule carried out by a wide alliance going beyond the proletarian class, on the basis of a free choice achieved by means of universal suffrage, which will thus be the expression of democratic popular choice.

61 E. Berlinguer, *Report* to the XIV th. congress of the PCI, 1975, now in *P.I.*, p. 15. There is in this 'dream' a nuance of triumphalism which brought Segre to the point of exclaiming that perhaps we are facing a « sort of European renaissance », S. Segre, *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 39.

62 It should not be forgotten that military expenditure, especially if strongly directed towards

technology, is an excellent antidote against the crises of capitalism.

63 For this period, which is one of the periods for which Stalin and Stalinism have been most severely criticized, see for instance M. HAJEK, *Jednotná fronta K. politické orientaci Komunistické internacionély v letech 1921-1935* [*Storia dell'internazionale comunista (1921-1935)*, Italian translation, Editori Riuniti, Roma, 1969]; E. DE FELICE, *Fascismo, democrazia, fronte popolare*, De Donato, Bari, 1973; F. CLAUDIN, *La crisis del movimiento comunista. De La Komintern al Kominform*, Paris, Ruedo Iberico, 1970.

64 F. CLAUDIN, *Eurocomunismo e socialismo*, cit., p. 86.

65 V. ZAGLADIN, *L'internazionalismo, bandiera dei comunisti*, in *Pravda*, 20th. April 1976, now in *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 73. Further ahead in the same article more precise indications are given concerning the place in history assigned to the Soviet experience: «the accumulated experience of the world revolutionary movement, the experience of any party, is an invaluable help for revolutionaries of all countries. Not by copying it but by studying it carefully and taking lessons from it, any party facilitates the path of the revolutionary struggle and the search for the correct solution to the problems that arise. And unquestionably, despite all the differences of situations, the study and knowledge of the experience of countries where socialist society has already been built or is successfully being developed are also of use to those parties that are struggling for theso cialist transformation of the society in their own countries», p. 78. See also, in the same work, J. KANAPA's contributions on this topic.

66 F. BERLINGUER, *P.I.*, p. 168. For other definitions, dating from a few years earlier and rather different from this last one, see E. BERLINGUER, *Q.C.*, p. 222, p. 263, p. 265. Concerning the abandonment of proletarian internationalism, see also the observations of S. SEGRE, *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 19, according to whom this is a «limiting, self-reducing conception». As F. CLAUDIN observes, at the Berlin conference «four venerable formulas of Marxist orthodoxy disappeared: 'Marxism-Leninism', 'dictatorship of the proletariat', 'proletarian internationalism', 'struggle against ant-Sovietism'», F. CLAUDIN, *op. cit.*, p. 56.

67 Interview with G. PANSA, *Corriere della sera*, now in *P.I.*, p. 159. Immediately afterwards BERLINGUER adds: «I feel more secure on this side [in western Europe] but I see that this side too there are grave attempts to limit our independence», p. 160. As far as concerns the final moment of the process of redefinition of intercommunist relations, which culminated in the Berlin conference, June 29-30th. 1976, attended by the European communist parties, see L. MARCOU - M. RIGLET, *Du passé font-ils table rase?* in *Revue Française de Science Politique*, Vol. 26, n. 6, pp. 1054-79.

68 This extract appears on p. 422 of the first volume of *La 'questione' comunista*. Concerning the evolution of the attitude of the PCI towards Europe, cf. D. SASSOON, *Vers l'eurocommunisme. La stratégie européenne du PCI*, in *Dialectiques*, n. 18-19, 1977, pp. 31-57.

69 G. AMENDOLA, *I comunisti e l'Europa*, Editori Riuniti, Roma, 1971, p. 92. Immediately afterwards Amendola added an interpolated comment which at that time, though not now, can hardly have failed to sound very strange, or bizarre: «so as to guarantee that this does not in any way mean change-over to the socialist block».

70 The last two quotations are respectively on p. 681 and p. 841 of the second volume of *La 'questione' comunista*.

71 «But the advancement of socialism in the portion of Europe in which we are operating requires the pursuit of new roads, different from those followed in other countries», E. BERLINGUER, *op. cit.*, Vol. II, p. 682.

72 E. BERLINGUER, *P.I.*, p. 95. Just a few weeks later Eurocommunism was assimilated to «as yet partially unexplored ways of advancing towards socialism», *ibidem*, p. 102.

73 Carrillo in his turn gives a definition that in no way differs from that of the PCI, cf. *'Eurocomunismo' y Estado*, cit., p. 141. A much more non-committal reference to Eurocommunism is made by G. Marchais, cf. E. BERLINGUER - S. CARRILLO - G. MARCHAIS, *La via europea al socialismo*, cit., p. 77. While at the Berlin meeting both Berlinguer and Carrillo explicitly talked of Eurocommunism, Marchais never used the word, and in general preferred to speak of «socialism with French colours».

74 R. ARON, *Plaidoyer pour l'Europe décadente*, Laffont, Paris, 1977, p. 361. In his debunking exercise, Aron exclaims: «Would socialist Italy count on an imperialism that the rulers insult in order to keep at bay their ex spiritual homeland and the ideocracy that, when all is said and done, did form and fashion their vision of the world?», p. 381.

75 A. KRIEGEL, *Un autre communisme?* Hachette, Paris, 1977, p. 23.

76 I refer here to pp. 131-37 of the cited work by A. KRIEGEL. In Italy, this attitude is held, among others, by G. ARE, *L'Italia e i mutamenti internazionali*, Florence, Vallecchi, 1977. But the rabid anti-communism of this work puts paid to all discussion.

77 D. L. M. BLACKMER, in *Communism in Italy and France*, Princeton University Press, Princeton, 1975. It appears, then, that according to this author, in order to understand the PCI one must realize that it is pursuing «three interests all at the same time, which may not always be compatible: the reinforcement of the unity and strength of the party itself; the preservation of its links with the Soviet Union and the international communist movement; the promotion of the political and social alliances that can ensure its access to governmental power».

78 See an extensive synthesis of the harsh Soviet review published in *Novoe Vremya* of the book by Carrillo in *Relazioni internazionali*, n. 27, July 2nd. 1977, which also contains the reply by the PCE, pp. 661-62.

79 H. A. KISSINGER, speech at the *Conference on Italy and Eurocommunism*, organized by the American Institute for Public Policy and by the Hoover Institution on War, Revolution and Peace, June 2nd. 1977. But there are also others who see things in a more optimistic light, and view Eurocommunism as «something new and convincing linked to the end of the communist dream and the return to reality. There is, I mean, a pragmatic feeling and a pragmatic decision in Eurocommunism, a new will to adapt to Europe as it is and to play a useful part in it», G. BOCCA, *L'eurocomunismo*, in *Città e regione*, III, April 1977, p. 38.

80 E. BERLINGUER, *Q.C.*, Vol. II, p. 876. For a similar position see S. CARRILLO, *'Eurocomunismo' y estado*, cit., pp. 91-92.

81 E. BERLINGUER, *Q.C.*, p. 680. And again: «An Italian and European policy that is neither anti-Soviet nor anti-American can and must equally well be a policy that is increasingly independent, free, rich in initiatives both in the promotion of extensive cooperation on pan-European scale in order to deal with problems of common interest, as also in the development of relations of mutual advantage with non-European countries», pp. 878-79. Carrillo, as always, goes even

further, when he estimates the military balance to be the only true guarantee of peace for the time being at least, and thus would see nothing wrong in « a phase in which defense is articulated at the European level, independently from either the USA or the USSR ... Besides, under present conditions, a defensive articulation of this type could constitute a guarantee both for the USA and the USSR, seeing that these two, with their immense nuclear power as guardian, have no need either or bases or of occupying foreign territory to safeguard their defense », *Eurocomunismo y Estado*, cit., pp. 138-39.

82 S. SEGRE, *A chi fa paura l'eurocomunismo?*, cit., p. 37.

83 E. BERLINGUER, *Q.C.*, pp. 842-43. And Marchais: « what is on the agenda today is the creation of a true and great Europe of peace and security which at one and the same time will also be the Europe of cooperation between nations that are equal and free to decide their destiny each one for itself », in E. BERLINGUER - G. MARCHAIS, *Democrazia e sicurezza in Europa*, Editori Riuniti, Roma, 1973, p. 45.

84 From the joint PCE - PCF - PCI declaration, Madrid, March 3rd. 1977, in S. SEGRE, *op. cit.*, p. 214.

85 C. BUCI-GLUCKSMANN, *Eurocommunisme et problèmes de l'état*, in *Dialectiques*, Spring 1977, n. 18-19, p. 137.

86 C. BUCI-GLUCKSMANN, *op. cit.*, p. 137.

87 In the conversation with B. VALLI, *Gli eurocomunisti*, cit., p. 127.

88 Cf. H. A. KISSINGER, cited speech.

89 E. BERLINGUER, *Q.C.*, pp. 839-40. A similar exorcism had been attempted by Marchais during the Berlin conference: « peaceful coexistence can in no way be identified with the social and political status quo of our country, with the partitioning of the world into spheres of influence dominated by the most powerful states », cf. *L'Humanité*, July 1st. 1976.

On the Need for International Prizes for Scientists

STEFEN ZIEMSKI
Polish Academy of Sciences, Warszawa

Science is a great asset of our culture. Its benefits are experienced, to a greater or lesser degree, by all countries.
Contemporary science has its own traditions which affect our view of the scope and tasks of scientific disciplines today. These traditions are primarily a heritage of 19th century science, the reign of positivism, which accorded priority to the natural sciences. The twentieth century has been witnessing the ascent of a greater variety of sciences, many of which turned out to be very fruitful and practical in social life.
Above all the human and the social sciences whose role in the adequate organization of human life has been rising, have shown a steady upward trend.
On the opposite pole, there are the technical sciences which utilize the results of the natural sciences and, partly, of the social sciences too. So do the theory of organization, sociology and psychology of labour, or economics with a view to promoting productive labour.

The twentieth century also witnessed a flourishing advance in mathematics, which has been extending the range of its practical applications, as well as in the philosophical sciences, which have been producing increasingly accurate methods and techniques of the special sciences and their mutual relationships.
The combined effort of philosophy, sociology, psychology and economics have created the science of science, whose task it is to study science as a phenomenon and its significance in social life.

The results of contemporary research effort are, like other sectors of culture, published in specialist journals and in more secular forms of press information as new accomplishments of the human mind, which signify a steady progress in the exploration and subjugation of nature and in the knowledge of human life.
One of the most suitable ways of popularizing the achievements of science is the practice of awarding international scientific prizes. Such prizes get a broad international publicity: the scientific achievements get detailed and penetrating presentations in the media which brings

them closer to the wide public to make them realize the new breakthroughs in science and their further consequences.
This form of rewarding scientific achievements helps the public opinion get a good understanding of current international cooperation of which science is an excellent component and it reinforces the faith in the actual progress in improving the exploration of the world.

The Nobel Prizes have the highest standing among all international prizes. The Nobel Prize awards are reported in the press and in scientific journals all over the world and a detailed discussion of the prizewinner's creative contributions in appended. Their names get a good reputation in many countries and the results of their work and their publications soon pave their way into the worldwide circulation of scientific information and they are translated and published in many countries of the world.
The Nobel Prizes, however, are strongly affected by the tradition of 19th-century science which today is no longer adequate.
They are influenced by the positivistically motivated supremacy of the natural sciences, which earn most of the prizes. In the domain of the social sciences, the Nobel Prize is awarded for achievements in economics, as well as for literary creations and for the promotion of peace in the world. Occasionally, such prizes are awarded to philosophers (H. Bergson, B. Russell).

But the Nobel Prizes do not comprise domains of social science as extensive as sociology, psychology, theory of organization and management. On the other hand, not even all outstanding achievements or breakthroughs in technology are awarded Nobel Prizes.
This top-ranking prize in science and literature must now be extended to adjust it to the present-day *status* of science and culture. It is all too obvious that other domains of human creativity, which do not fall within the scope of the Nobel Prizes, also deserve broad publicity to ensure international recognition and promote international understanding.
The awarding of such international prizes by special juries composed of specialists in several great sciences should be backed by a definite pecuniary fund and thus the winner should be granted several years of freedom to work in the specific field of science he cultivates.

The Nobel Prizes have stood the test of life. Not only have they created the foundation for a broad dissemination of outstanding achievements in science, literature and promoting peace but they also enabled a number of outstanding people to exercise freely their genius for many years of their lives.
This suggests that a new international prize should be created on the financial level as the Nobel Prizes such that would ensure the rewarding

of outstanding achievements in all the human and social sciences, also in the fine arts, in music and architecture. These prizes could be given the names of international communities, for instance the CMEA prize. The juries to grant those prizes could perhaps be organized — and the necessary founds collected — by Sweden, for it was in that country that a new international prize had already been proposed. But that task could of course be fulfilled by any other countries that would make their agencies and funds available for international cooperation.

It would perhaps be advisable that prizes of high standing should be awarded by juries composed of outstanding specialists in many sciences from many countries rather than by a single national academy of sciences. This might be the first step towards creating international academies of sciences which would be composed of members of many nationalities in definite membership proportions. The joint sessions of representatives of related sciences would enable them to exchange information on the most important achievements and their importance in the present situation.

Creating a second prize of the Nobel Prize type for the extremely important, though often still underrated social sciences and, as far as possible, for artists in various arts wold strongly stimulate the further growth in these domains of creative work and the fruitful information for international cooperation. In the world of today, in which such huge assets are assigned for production, the sponsoring of important disciplines of science and art would certainly find strong support.
Should a group of countries — rather than a single country — decide to establish these prizes, then other countries might benefit from it too, for international exchange and cooperation which is the slogan of the day are best served by actual achievements in science and the arts.
In the future, special prizes should be established for other sciences, say for the technical sciences. The assembling of the special juries for awarding these prizes would certainly have to be preceeded by long preparations and careful cooperation in many highly specialized disciplines of science. It is to be expected that this type of prizes will be founded still in the twentieth century.

The highest international prizes should be awarded for achievements in science such that are of worldwide significance. These latter include discoveries of new methods of research which are important for one science or for a group of sciences, and which open new fields of research. Also, such prizes should be awarded for great facts of crucial importance which cast new light upon entire fields of research activities. Finally, these outstanding achievements include the creation of foundations for new scientific disciplines which keep emerging in the course of the twentieth century, such as Bertalanffy's systems theory

which is greatly significant for all social sciences; or the theory of organization and management; or praxiology which has been developing from very modest beginnings by the efforts of some of the best men over several decades.
By way of example, let us also mention here the theory of zetetics, the science of scientific research worked out by the American scholar of Polish ancestry, Joseph T. Tykociner (see *Outline of Zetetics*, Philadelphia, 1971).

These achievements of worldwide significance should be rewarded with Nobel-type prizes, which would lead to widespread popularization and acknowledgment by scientists from all over the world.

S. Z.

Editorial Note

With reference to Prof. Ziemski's proposal one may note that various national academies also award international prizes, many of which are endowed with as great a moral value as the Nobel prizes, even if they to not share in the latter's fame. Before instituting new prizes or founding international academies, it would be advisable to take a census of the currently existing international awards, and above all to publicize them in an adequate manner. The following list of international 'Antonio Feltrinelli' awards given by the National Academy of the 'Lincei' (Rome) from 1950 onwards is offered in the spirit of a contribution to this investigation. The sum awarded for each prize is currently 25 million Lire, which at present exchange rates amounts to approximately 30,000 US Dollars.

List of Awards

International 'Antonio Feltrinelli' Prizes Awarded by the National Academy of the Lincei.

1950 Mathematics and Astronomy: JACQUES HADAMARD

1952 Literary Arts: THOMAS MANN
Literary Criticism and History: RAMÒN MENÉNDEZ PIDAL

1953 Architecture: LUDWIG MIES VAN DER ROHE
Music: IGOR STRAVINSKY

1954 Therapy: ALFRED BLALOCK and HELEN TAUSSIG
Surgical Anaesthesia: H. R. GRIFFITH and A. R. MACINTYRE
Sculpture: MARINO MARINI

1955 Literary Philology and History: LEO SPITZER
History: GAETANO SALVEMINI
Law: ERNST RABEL
Philosophy: WERNER JÄGER
Social and Economic Science: A. C. PIGON

1956 Mathematics, Mechanics and Applied Science: SOLOMON LEFSCHETZ
Astronomy, Geodetics, Geophysics and Applied Science: SYDNEY CHAPMAN
Physics, Chemistry and Applied Science: GIUSEPPE P. S. OCCHIALINI
Geology, Paleontology, Mineralogy and Applied Science: BRUNO SANDER
Biological Sciences and Applied Science: ROSS GRANVILLE HARRISON

1957 Literature: WYSTAN HUGH AUDEN and ALDO PALAZZESCHI

1958 Painting: GEORGES BRAQUE
Music: ILDEBRANDO PIZZETTI

1959 Medicine: GASTON RAMON

1960 Law: HANS KELSEN

1961 Physics and Chemistry: PIERRE AUGER
Biological Sciences: J. B. S. HALDANE
Social and Political Sciences: RAGNAR FRISCH

1962 Literature: EUGENIO MONTALE

1963 Sculpture: HENRY MOORE

1964 Experimental Medicine: WALLACE O. FENN
Applied Medical Sciences: A. B. SABIN

1965 Archeology: JOHN DAVIDSON BRAZLEY

1966 Geological Sciences: HARRY HAMMOND HESS

1967 Fiction: JOHN DOS PASOS

1968 Architecture: PIER LUIGI NERVI

1969 Medicine: RITA LEVI MONTALCINI

1970 History and Historical and Anthropic Geography: CLAUDIO SÁNCHEZ ALBORNOS

1971 Mathematics and Applied Sciences: JEAN LERAY
Physics and Astrophysics: BRUNO ROSSI

1972 Theatre: EDUARDO DE FILIPPO

1973 Art Criticism and Art History: RICHARD KRAUTHEIMER

1974 Medicine: HUGH ESMORE HUXLEY

1975 Law: ALFRED VERDROSS

1976 Chemistry: EDGARD BRIGHT WILSON

1977 Poetry: JORGE GUILLÉN

Considerazioni sulla necessità di premi internazionali per gli scienziati

STEFEN ZIEMSKI
Polish Academy of Sciences, Warszawa

La scienza è un bene importante della nostra cultura, dei cui benefici godono, in maggior o minor misura, tutti i paesi.
La scienza contemporanea ha le sue tradizioni che influenzano il modo in cui noi guardiamo alle sue prospettive e ai suoi compiti. Queste tradizioni risalgono fondamentalmente alla scienza del XIX secolo, il regno del positivismo, che concedeva la priorità alle scienze naturali. Il XX secolo ha visto l'ascesa di una gran varietà di scienze, molte delle quali si sono rivelate assai utili nella pratica della vita sociale.
Soprattutto le scienze umane e sociali, il cui compito è un'adeguata organizzazione della vita umana, hanno registrato una costante tendenza all'espansione.
Al polo opposto, troviamo le scienze tecniche che utilizzano i risultati delle scienze naturali e, in parte, anche di quelle sociali. È il caso della teoria dell'organizzazione, della psicologia e sociologia del lavoro o dell'economia, quando la si applichi per aumentare la produttività del lavoro.
Il XX secolo ha visto anche la crescita rigogliosa della matematica, che ha allargato la sfera delle sue applicazioni pratiche, come pure delle scienze filosofiche, che hanno fornito metodi e tecniche sempre più accurate, per le scienze particolari e per i modi in cui queste possono essere poste in rapporto l'una con l'altra. Gli sforzi congiunti della filosofia, della sociologia, della psicologia e dell'economia hanno creato la scienza della scienza, il cui compito è lo studio del fenomeno scientifico e del suo significato per la vita sociale.

I risultati degli sforzi della ricerca contemporanea sono trasmessi, come avviene negli altri settori della cultura, attraverso riviste specialistiche nonché attraverso la stampa a più ampia diffusione. Questa li presenta come nuove realizzazioni della mente umana, che esprimono un costante progresso nell'esplorazione e nella conquista della natura, e della conoscenza della vita umana.
Uno dei mezzi più idonei per divulgare i successi della scienza è la pratica dell'assegnazione di premi scientifici internazionali. Tali premi ottengono una vasta pubblicità internazionale: le realizzazioni scientifiche vengono presentate con sufficienti dettagli nei mezzi d'informazione che le avvicinano al grande pubblico, permettendogli così di rendersi conto dei progressi della scienza in nuovi territori e delle loro conseguenze.
Questa forma di ricompensa dei conseguimenti di risultati scientifici aiuta l'opinione pubblica a comprendere correttamente la natura dell'attuale cooperazione internazionale, della quale la scienza è un elemento importantissimo, e a consolidare la fiducia nei progressi realizzati nel migliorare l'indagine del mondo.
I premi Nobel godono della massima reputazione tra tutti i premi internazionali. La attribuzione di un premio Nobel è riportata nella stampa e nelle riviste scientifiche di tutto il mondo, e ad essa si fa seguire un esame dettagliato dei contributi creativi del vincitore del premio. I nomi dei vincitori guadagnano una buona reputazione in molti paesi, mentre le loro opere e pubblicazioni

si aprono in breve la strada nella circolazione mondiale dell'informazione, e vengono tradotte e pubblicate in molti paesi del mondo.

I premi Nobel sono comunque fortemente condizionati dalla tradizione scientifica del XIX secolo, che non è più appropriata alla situazione odierna. Essi sono condizionati dalla supremazia, che trova le sue ragioni nel positivismo, delle scienze naturali, alle quali va la maggior parte dei premi. Nel campo delle scienze sociali si attribuiscono premi Nobel per il conseguimento di risultati in economia, come pure per creazioni letterarie e per la promozione della pace nel mondo. Talvolta questi premi sono attribuiti a filosofi, come H. Bergson e B. Russell.

Ma i premi Nobel non riguardano settori delle scienze sociali così vasti come la sociologia, la psicologia, la teoria dell'organizzazione e la scienza dell'amministrazione. D'altro lato, il premio Nobel non viene attribuito nemmeno per tutti i conseguimenti notevoli o per tutte le scoperte rivoluzionarie nella tecnologia. Questo premio prestigioso per la scienza e la letteratura deve essere esteso in modo tale da adattarlo alla scienza e alla cultura contemporanea. È fin troppo ovvio che esistono altri domini della creatività umana, esclusi finora dall'ambito dei premi Nobel, che meritano nondimeno un'ampia pubblicità, grazie alla quale essi potrebbero ottenere riconoscimenti internazionali e favorire la comprensione internazionale.

L'attribuzione di tali premi internazionali da parte di giurie speciali, composte da persone competenti in diverse scienze importanti, dovrebbe essere garantita da fondi monetari di entità definita, in modo da poter assicurare al vincitore parecchi anni di libertà di lavoro nel campo da lui specificamente coltivato.

I premi Nobel hanno retto il confronto con l'esperienza e con il tempo. Essi non solo hanno posto le basi per un'ampia diffusione dei risultati più notevoli della ricerca scientifica, della letteratura e del lavoro per la pace, ma hanno anche reso possibile a un certo numero di persone di rilievo di esercitare liberamente e per molti anni la loro genialità.

Ciò suggerisce la creazione di nuovi premi internazionali, con la consistenza finanziaria dei premi Nobel e tali da garantire una ricompensa per i risultati di rilievo in tutte le scienze umane e sociali, incluse le arti, la musica e l'architettura. Si potrebbero dare a questi premi i nomi di comunità internazionali; ad esempio, premi COMECON.

Le giurie che danno questi premi nonché la raccolta dei fondi necessari potrebbero forse essere organizzate dalla Svezia, dato che in questo paese si è già fatta la proposta di un nuovo premio internazionale. Ma, naturalmente, a questo compito potrebbe adempiere qualsiasi altro paese pronto a mettere a disposizione della cooperazione internazionale le sue agenzie e i suoi fondi.

Sarebbe forse opportuno che i premi d'alto livello fossero attribuiti da giurie composte da specialisti di fama in molte scienze e provenienti da molti paesi, piuttosto che da una sola accademia delle scienze. Questo potrebbe essere il primo passo verso la creazione di accademie internazionali delle scienze formate da membri di molti paesi e nelle quali ciascun paese è rappresentato in una proporzione ben definita. Le sessioni comuni con la partecipazione di rappresentanti di scienze collegate tra loro permetterebbero scambi di informazioni sui risultati più importanti e sulla loro rilevanza nella situazione del momento.

La creazione di un secondo premio del tipo del premio Nobel per la scienze sociali, così importanti anche se spesso ancora sottovalutate, e, nella misura del possibile, per artisti impegnati nelle varie arti, costituirebbe un forte stimolo per l'ulteriore sviluppo di quei domini della creatività e per quella fruttuosa informazione, necessaria alla cooperazione internazionale. Nel mondo odierno, in cui si investono enormi capitali nella produzione, il finanziamento di importanti discipline scientifiche e artistiche non mancherebbe sicuramente di trovare forti appoggi.

Se fosse un gruppo di paesi — invece di un singolo paese — a decidere di istituire quei premi, anche altri paesi potrebbero beneficiarne, poiché i successi della scienza e dell'arte sono i migliori servitori della cooperazione internazionale (lo *slogan* del giorno). In futuro, si dovrebbero istituire premi speciali per altre scienze, ad esempio, per le scienze tecniche. La convocazione di giurie speciali per l'assegnazione di questi premi dovrebbe senza dubbio essere preceduta da lunghi preparativi e da un'attenta collaborazione in molte discipline scientifiche altamente specializzate. È da attendersi che questo tipo di premi sia istituito già nel XX secolo.

I più prestigiosi premi internazionali dovrebbero essere assegnati per il conseguimento di risultati scientifici d'importanza mondiale. Tra questi vanno comprese le scoperte di nuovi metodi di ricerca, importanti per una scienza o per un gruppo di scienze e tali da aprire nuovi settori di ricerca. I premi sopra menzionati dovrebbero essere attribuiti anche nel caso di grandi scoperte d'importanza decisiva, che gettino nuova luce su interi campi dell'attività di ricerca. Infine, tra i conseguimenti di rilievo degni dei più prestigiosi premi internazionali, va inclusa la creazione dei fondamenti di quelle nuove discipline scientifiche che sono emerse in continuazione nel corso del XX secolo, come ad esempio la teoria dei sistemi di Bertalanffy, di grande importanza per tutte le scienze sociali; o la teoria dell'organizzazione e dell'amministrazione; o la 'prassiologia', che, dopo inizi molto modesti, si è sviluppata grazie all'impegno delle migliori intelligenze nel corso di parecchi decenni.

A titolo di esempio, ricordiamo qui anche la teoria della zetetica, la scienza della ricerca scientifica elaborata dallo studioso americano, di origine polacca, Joseph T. Tykociner (Vedi *Outline of Zetetics*, Philadelphia, 1971).

Il conseguimento di risultati d'importanza mondiale, quali quelli sopra menzionati, dovrebbe essere ricompensato con premi del tipo del premio Nobel. Questi premi aprirebbero la via a una vasta divulgazione e al riconoscimento di quei risultati da parte degli scienziati di tutto il mondo.

S. Z.

Traduzione: G. GRAZIOLA - MILANO

Nota della Direzione

A proposito della proposta del Prof. Ziemski si può osservare che diverse accademie nazionali attribuiscono anche premi internazionali, molti dei quali, pur non avendo la notorietà dei premi Nobel, hanno spesso eguale valore morale. Sarebbe bene, prima di istituire nuovi premi o fondare accademie internazionali, fare un censimento dei premi internazionali attualmente esistenti, e soprattutto dare loro una adeguata pubblicità.

A titolo di contributo per questa indagine, si riporta qui l'elenco dei premi internazionali 'Antonio Feltrinelli' conferiti dall'Accademia Nazionale dei Lincei (Roma) a partire dal 1950. L'ammontare di ciascuno dei premi è attualmente di 25 milioni di lire, pari, al cambio odierno, a circa 30.000 dollari USA.

Elenco dei premi

Premi internazionali 'Antonio Feltrinelli' attribuiti dall'Accademia Nazionale dei Lincei

1950 Matematica e Astronomia: JACQUES HADAMARD

1952 Arte letteraria: THOMAS MANN
Critica e storia letteraria: RAMÒN MENÉNDEZ PIDAL

1953 Architettura: LUDWIG MIES VAN DER ROHE
Musica: IGOR STRAWINSKY

1954 Terapia: ALFRED BLALOCK e HELEN TAUSSIG
Anestesia chirurgica: H. R. GRIFFITH e A. R. MACINTYRE
Scultura: MARINO MARINI

1955 Filologia e storia letteraria: LEO SPITZER
Storia: GAETANO SALVEMINI
Scienze giuridiche: ERNST RABEL
Filosofia: WERNER JÄGER
Scienze economiche e sociali: A. C. PIGON

1956 Matematica, meccanica e applicazioni: SOLOMON LEFSCHETZ
Astronomia, Geodesia, Geofisica e applicazioni: SYDNEY CHAPMAN
Fisica, Chimica e applicazioni: GIUSEPPE P. S. OCCHIALINI
Geologia, Paleontologia, Mineralogia e applicazioni: BRUNO SANDER
Scienze biologiche e applicazioni: ROSS GRANVILLE HARRISON

1957 Lettere: WYSTAN HUGH AUDEN e ALDO PALAZZESCHI

1958 Pittura: GEORGES BRAQUE
Musica: ILDEBRANDO PIZZETTI

1959 Medicina: GASTON RAMON

1960 Scienze giuridiche: HANS KELSEN

1961 Fisica e Chimica: PIERRE AUGER
Scienze biologiche: J. B. S. HALDANE
Scienze sociali e politiche: RAGNAR FRISCH

1962 Lettere: EUGENIO MONTALE

1963 Scultura: HENRY MOORE

1964 Medicina sperimentale: WALLACE O. FENN
Scienze mediche applicate: A. B. SABIN

1965 Archeologia: JOHN DAVIDSON BRAZLEY

1966 Scienze geologiche: HARRY HAMMOND HESS

1967 Narrativa: JOHN DOS PASOS

1968 Architettura: PIER LUIGI NERVI

1969 Medicina: RITA LEVI MONTALCINI

1970 Storia e Geografia storica e antropica: CLAUDIO SÁNCHEZ ALBORNOS

1971 Matematica e applicazioni: JEAN LERAY
Fisica e Astrofisica: BRUNO ROSSI

1972 Teatro: EDUARDO DE FILIPPO

1973 Critica e storia dell'arte: RICHARD KRAUTHEIMER

1974 Medicina: HUGH ESMORE HUXLEY

1975 Scienze giuridiche: ALFRED VERDROSS

1976 Chimica: EDGAR BRIGHT WILSON

1977 Poesia: JORGE GUILLÉN

Nota dell'Autore a "Crolli, costruzioni e dizionari"

Maggio 1978

Nella conferenza tenuta nel maggio 1977 al dibattito su «Scienza e Società» nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano (pubblicata in *Scientia*, V-VIII, 1977, pp. 499-505, con il titolo *Crolli, costruzioni e dizionari: congetture sulla storia della scienza*), avevo espresso riserve a proposito del punto di vista difeso da Thomas Kuhn in *The Structure of Scientific Revolutions* e dibattuto nel '*Colloquium*' di Londra del 1965 [I. Lakatos and A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1974]. Le mie riserve avevano in particolare come oggetto la tesi kuhniana che «individua in date situazioni paradigmatiche la spiegazione delle *attività* svolte da uno scienziato o da una comunità di ricercatori». Già in *Criticism* Thomas Kuhn aveva affermato che una certa classe di interpretazioni delle posizioni enunciate in *The Structure* sorgevano sulla base di fraintendimenti. A parere di Kuhn il dibattito aveva di fronte a sé, per così dire, un Kuhn_1 e un Kuhn_2. Kuhn_2 era l'oggetto delle critiche esposte da Popper, Lakatos e altri: ma, secondo Thomas Kuhn, le posizioni di Kuhn_2 costituivano un punto di vista diverso da quello difeso da Kuhn_1, il che rappresentava un serio ostacolo per una corretta lettura del vero Kuhn e per una più seria riflessione sui contenuti genuini di *The Structure*.

La metafora su Kuhn_1 e Kuhn_2 mi era apparsa nei soli termini di una argomentazione retorica. La recente pubblicazione di una raccolta di saggi kuhniani in un volume dal titolo *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (The University of Chicago Press, 1977) ha tuttavia contribuito a chiarire alcuni contenuti di quella metafora. Su alcune questioni centrali — incommensurabilità, processi di traduzione, problemi di scelta tra teorie e di parziale comunicazione tra scienziati, significato del concetto di paradigma — il nuovo libro di Kuhn è uno stimolo positivo a riesaminare il rapporto storicamente dato tra norme 'oggettive' e altri fattori condizionanti l'attività scientifica. In questo senso mi pare giusto affermare che la mia congettura sulla sostanziale identità tra il punto di vista del falsificazionismo sofisticato e il punto di vista kuhniano — visti come varianti di una sola teoria delle costruzioni — si basava prevalentemente su critiche che altri avevano fatto contro le posizioni sostenute da Kuhn_2 e che *The Essential Tension* contribuisce ora ad indebolire in modo spiccato.

Enrico Bellone

Note by the Author to "Collapses, Constructions and Dictionaries"

May, 1978

In the paper read in May 1977 at the debate on «Science and Society» on the occasion of the Voltian Year Celebrations (published in *Scientia*, V-VIII, 1977, pp. 507-512, under the title *Collapses, Constructions and Dictionaries: Conjectures on the History of Science*), I expressed reservations with respect to the point of view defended by Thomas Kuhn in *The Structure of Scientific Revolutions* and discussed in the 1965 London Colloquium [I. Lakatos and A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1974]. My reservations were particularly directed at the Kuhnian thesis which «sees in given paradigmatic situations the explanation of the *activities* carried out by a scientist or group of researchers».

Back in *Criticism* Thomas Kuhn stated that a certain class of interpretations of the positions formulated in *The Structure* arose from misunderstandings. As Kuhn saw it the debate was being waged over two different Kuhns, as it were, a Kuhn_1 and a Kuhn_2. Kuhn_2 was the object of the criticisms expressed by Popper, Lakatos and others. But, according to Thomas Kuhn, the positions of Kuhn_2 constituted a different point of view from those defended by Kuhn_1, and this in itself was a serious obstacle for a correct interpretation of the real Kuhn and a serious reflection on the real contents of *The Structure*.

The Kuhn_1 and Kuhn_2 metaphor then seemed to me to be a merely rhetorical argument. However the recent publication of a collection of Kuhnian essays under the title *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (The University of Chicago Press, 1977) has helped clarify some of the contents of that metaphor. For certain central questions such as incommensurability, processes of translation, problems connected with the choice between theories and the partial communication between scientists, Kuhn's new book constitutes a positive stimulus for re-examining the historically determined relationship between 'objective' norms and other factors conditioning scientific activity.

In this sense I feel that it is right to state that my conjecture about the substantial identity between the sophisticated falsificationism point of view and the Kuhnian point of view — seen as variants of one sole theory of constructions — was mainly based on criticisms which others had made against the positions maintained by Kuhn_2, now very much weakened by *The Essential Tension*.

ENRICO BELLONE

Chaotic Behavior in Deterministic Systems

Scientific synthesis of the International Physics Congress held on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Cernobbio, 19th - 24th June 1977

GIULIO CASATI
Università di Milano

The subject of the symposium on *Stochastic Behavior in Classical and Quantum Hamiltonian Systems* has been the study of recent developments in the theory of classical dynamical systems. In the present report I will try to point out the various aspects of the problems considered during the symposium, their theoretical background, and several practical applications.

There are several good reasons to deepen the understanding of the behavior of classical systems. First of all, after three hundred years that Newton equations are known, it would be at least desirable to understand the qualitative behavior of conservative systems with two degrees of freedom.

Another problem consists in ascertaining whether the solar system and the galaxy are stable under the mutual interactions of their constituents, or if they will eventually collide and be lost at infinity. One further motive of research lies in the foundations of statistical mechanics.

The purpose of this theory is the determination of the behavior of macroscopic observables, relative to a given physical system, and to this end, it makes use of the so-called ergodic hypothesis. The problem of verifying whether this hypothesis is valid for physically interesting systems is therefore of paramount importance for the whole construction of statistical mechanics.

Finally another motivating point is that the formalism of classical and quantum mechanics are very similar and therefore every progress in classical mechanics, should bring analogous progress in quantum mechanics.

Let's start considering integrable systems, which are the systems for which the solution of Newton equations can be reduced to a set of simultaneous equations, and to integration on each single variable. Let us restrict for the moment to non dissipative systems described by a Hamiltonian function $H\ (q,\ p)$ where $q \equiv q_1, q_2 \ldots, q_N$ and $p \equiv p_1, p_2 \ldots, p_N$ are the N position and conjugate momentum coordinates. Every state of a dynamical system with N degrees of freedom is therefore described by a representative point in the $2\ N$ dimensional phase space $(q,\ p)$. As we will consider just the study of conservative systems, the total energy of the system is a constant of motion, which means that during the evolution of the system, the repre-

sentative point moves on the $2N-1$ dimensional surface $H(q, p) = E$, where E is the value of the total energy of the system.
Integrable systems are those which besides total energy possess further $N-1$ constants of motion, that is $N-1$ functions $F_i(q, p)$ $(1 < i < N-1)$ which remain constant along each trajectory of the system. The existence of these N constant of motion implies that the trajectory of the system will lie on an N dimensional surface in the $2N$ dimensional phase space. Topologically these surfaces are tori and are labeled as invariant tori, because an orbit starting an one of them lies on it indefinitely.
We pose now the following question: is integrability the rule or the exception? If all systems were integrable, the N constants of motion should exist and the fact that we cannot find them could be due simply to lack of analytical ability. Another possibility is that integrable systems represent truly exceptional cases, and even a small perturbation of these systems causes the destruction of all the constants of motion, and with them the invariant tori, in such a way that every trajectory will eventually cover all the $2N-1$ dimensional energy surface. This question is of fundamental importance for statistical mechanics. In fact, as each measure requires, to be performed, a finite interval of time, the evaluation of the macroscopic observables in equilibrium implies a time average of the corresponding phase functions

$$\bar{f} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(q, p)\, dt \ . \tag{1}$$

In general, however, this integral cannot be evaluated as it requires the solution of the equations of motion. The ergodic hypothesis states that it is possible to replace the time average with the phase average performed on the microcanonical ensemble, which is an ensemble uniformly distributed on the energy surface Σ_E, and vanishing outside.

$$< f > = \frac{\int_{\Sigma_E} f(q, p)\, dq\, dp}{\int_{\Sigma_E} dq\, dp} \ . \tag{2}$$

As a consequence of this hypothesis each integrable function on the surface energy Σ_E one has

$$\bar{f} = < f > \ . \tag{3}$$

For this hypothesis to be verified it is necessary that the trajectories of the system pass, qualitatively speaking, through almost all the points of the energy surface Σ_E. In particular no analytic, single valued constant of motion can exist, besides total energy, and no invariant tori with positive measure can exist. Astronomers have spent a long time studying these problems, dealing for example with the stability of the solar system. After the works of Poincaré and Fermi, physicists had the belief that any small perturbations had the effect of destroying in general all the

constants of motion, making the system ergodic, and consequently justifying the methods of the founding fathers of statistical mechanics, Boltzmann, Maxwell, Gibbs, and Einstein.

In the mid 50'es however Kolmogorov suggested a theorem, which was later rigorously proved by Arnold and Moser in the 60's, which states that, although distorted, the majority of the invariant tori persists under the perturbation, if this is sufficiently small. Some tori however are destroyed by the perturbation and their measure grows proportionally to the perturbation. These tori are furthermore distributed among the conserved tori in a very pathological way.

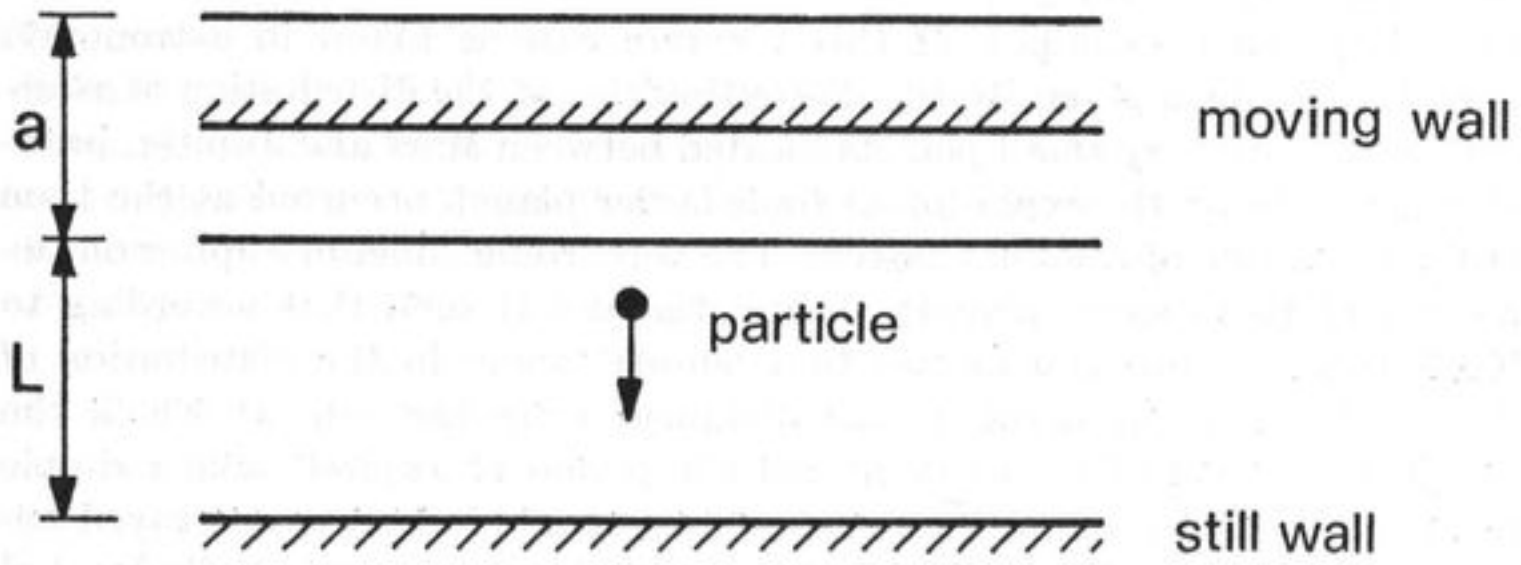
Very impressive examples of this theorem can be found in astronomy. A first example is given by the discontinuities of the distribution of asteroids, which are very small planets located between Mars and Jupiter, probably generated in the explosion of some larger planet, occurred at the time of the formation of the solar system. The perturbing effect of Jupiter on the motion of these small planets around the sun is such that according to KAM theorem, one can foresee that 'empty' zones in the distribution of the asteroids might occur at the distances from the sun, at which the revolution period of the asteroid and the period of Jupiter have a simple ratio. At those distances the invariant tori should indeed be destroyed because of the perturbation of Jupiter and therefore a planet initially located at that position should abandon the orbit and be lost. The experimental observation shows the presence of these 'empty' zones precisely at the distances predicted by theory.

Another impressive example is given by the rings of Saturn. These rings consist of an enormous number of particles moving independently in orbits which are coplanar with the equatorial plane of Saturn. Here too, the dark zones between the rings correspond to rotation periods which are simple fractions of the periods of the principal satellites of Saturn, Mimas and Encelado.

The existence of invariant tori of positive measure, predicted by KAM theorem, contradicts the ergodic hypothesis, as the trajectories cannot cover the whole energy surface. The same conclusion was reached empirically by Fermi in the same year Kolmogorov stated his theorem. Fermi performed the numerical integration of the equations of motion of a one dimensional chain of interacting particles, and, to his great surprise, found that the time averaged kinetic energy of the particles was not equipartitioned as it should in ergodic systems.

Just a few years before, Fermi, on the basis of the ergodic hypothesis, tried to explain the origin of cosmic rays, suggesting a mechanism of 'stochastic' acceleration due to the collision of charged particles with the magnetic clouds moving in the intrastellar space. He considered the magnetic cloud as a macroparticle, possessing a mass and a kinetic energy much larger than that of the charged particles. Therefore if the cloud-particle system tends toward equipartition of kinetic energy, it follows that the energy of the particles must grow indefinitely.

In 1961 S. Ulam tried to verify the hypothesis of Fermi studying numerically the behavior of the model described in the figure below. It consists of a particle moving between two parallel planes, of infinite mass, and perfectly elastic walls. One of these planes is still, while the other oscillates according to a given law; the latter simulates in this way the magnetic cloud. According to the Fermi mechanism, the particles velocity, in agreement with the ergodic hypothesis, should increase indefinitely with time. Numerical calculations performed by Ulam gave a negative result: the velocity of the particle



was of the order of the moving wall, and only in some case it reached velocities 3 or 4 times higher.

The problem arises therefore of how in general statistical mechanics could be justified. The crucial point is that, as numerical experiments show, the trajectories corresponding to destroyed tori are extremely irregular and cover all the portion of the energy surface not occupied by invariant tori. As the perturbation grows, the measure of invariant tori diminishes until the motion becomes completely ergodic. We can therefore conclude that above a certain critical value of the perturbation or of the total energy of the system, the ergodic hypothesis is verified and therefore the methods of statistical mechanics are justified, at least for what concerns the evaluation of macroscopic quantities at equilibrium.

A still debated and unsolved problem is to understand whether the value of the critical energy below which the system has not statistical properties is physically meaningful or not.

In particular, as macroscopic systems consist of an enormous number of particles, it must be ascertained whether or not this critical energy tends to zero with the increase of the number of particles. If it tends to zero the ergodic hypothesis would be justified, and with it the results of the founding fathers of statistical mechanics. The latter case is considered the most probable by most physicists and mathematicians even if, from a rigorous point of view, the problem remains open.

If on the other hand KAM theorem does not appear to have an influence on thermodynamics of macroscopic systems, it has great importance for systems with few degrees of freedom. We have already seen a few ap-

plications in astronomy. Other applications can be found for example in the field of the production of energy through controlled thermonuclear fusion. This, as it is well known, is based on the possibility of exploiting the kinetic energy of the neutrons produced in the fusion reaction between Tritium and Deuterium

$$D + D \rightarrow (T + 1.01\ \text{MeV}) + (P + 3.03\ \text{MeV})$$
$$D + T \rightarrow ({}_2^4 H_e + 3.52\ \text{MeV}) + (n + 14.03\ \text{MeV}). \qquad (4)$$

In order to make this fusion reaction possible, it is necessary to heat the plasma at very high temperatures and therefore it is necessary to find ways of transferring energy to the plasma particles. A possibility which is presently being explored consists in exploiting the so-called 'stochastic instability'. The mechanism is based on the fact that a nonlinear oscillator, under the action of a periodic force, shows a transition from stable motion (as predicted by KAM theorem) to unstable or stochastic motion. In the latter situation the oscillator behaves as if subject to a purely random force, and in particular its energy grows, on average, linearly with time.

The lack of ergodicity in nonlinear systems, seems furthermore to be related with another interesting phenomenon: the presence of solitons. Solitons are impulses which propagate in nonlinear media with constant velocity and shape. They have furthermore the striking characteristic that they emerge from a collision between them without changing shape and velocity. Although they have been experimentally observed by Scott Russell as early as 1834, they were practically ignored by the scientific community up to some ten years ago, when Kruskal and Zabusky observed their existence studying the propagation of waves in plasmas and gave them the name of 'solitons', to indicate their extraordinary properties of stability. Solitons are now subject of intensive studies for the importance that they appear to have in various fields as elementary particle physics, plasma physics, solid state physics, astrophysics and so on. They seem to have important roles also in other fields as biology where they can be fundamental in the description of the transmission of nervous impulses through the synapsis of the central nervous system.

The ergodicity condition which as we have seen can be sufficient to justify the methods of equilibrium statistical mechanics, is however irrelevant for the irreversible approach towards equilibrium. Therefore it is necessary that the system possess much stronger statistical properties than simple ergodicity. In general one expects physical systems to have these stronger statistical properties even if, so far, this has been shown to be true only for a system of hard spheres (Sinai 1954) colliding elastically. A typical property of such system is the exponential divergence of the phase space orbits; two states initially very close give origin to orbits whose distance, on average, grows exponentially in time. This property is very intuitive; as it is known, as a matter of fact, in order to achieve an irreversible behavior it is necessary that the system forget completely the initial con-

ditions. If the trajectories diverge exponentially a slight change in the initial conditions will originate two completely different final states. On the other hand a slight error in the measure of the final state, will destroy any information on the initial state.

Rigorously systems with this type of instability (and, as already said, it is expected that most of physically meaningful systems possess this property) can never be considered isolated. It is very instructive, in this regard, to follow the calculation of B. Chirikov, which shows how the behavior of these systems can never be predictable, because of the perturbations of gravitational forces, which cannot be screened.

Let us consider a gas of hard spheres of radius r, with mean square average velocity v and mean square average distance l and let us calculate the perturbing effect due to a particle of mass m located at a distance R. The relative acceleration of two particles of the gas, caused by the presence of m is

$$a \sim \frac{Gml}{R^3} \ . \tag{5}$$

This will cause an indetermination on the position at which the collision of the two particles occurs

$$\Delta s \sim \frac{al^2}{v^2} \tag{6}$$

and an indetermination on the reflection angle

$$\Delta\vartheta \sim \frac{\Delta s}{r} \sim \frac{Gml^3}{R^3 r v^2} \ . \tag{7}$$

After n collisions the indetermination will be $(l/r)^n \, \Delta\vartheta$ and therefore the number n of collisions after which the indetermination is of one radiant, and therefore every track of the motion is lost, is given by

$$n \sim \frac{ln \, 1/\Delta\vartheta}{ln \, l/r} = \frac{ln \left(\frac{R^3 r v^2}{Gml^3} \right)}{ln \, (l/r)} \ . \tag{8}$$

If now we consider the gas to be oxygen in normal conditions of temperature and pression, and the perturbing particle to be an electron located at « the other end of the universe » ($R \sim 10^{10}$ light years) the results is $n \sim 56$.

If the spheres are, on the other hand, billiard balls ($r \sim 3$ cm, $l \sim 30$ cm, $v \sim 1$ m/sec) and m is a person present in the billiard room ($m \sim 50$ Kg, $R \sim 1$ m) then one would obtain $n = 9$. The instability of these systems is truly surprising. It is interesting to quote the following words of Maxwell, which date back to 1873 (quoted in: L. Campbell and W. Garnett, *The Life of James Clerk Maxwell*, MacMillan, 1882), and which show how profound was his philosophical views on the subject: « It is a metaphysical doctrine that from the same antecedents follow the same consequences.

> No one can gainsay this. But it is not of much use in a world like this, in which the same antecedents never again occur, and nothing ever happens twice ...
> The physical axiom which has a somewhat similar aspect is 'that from like antecedents follows like consequents'. But here we have passed from sameness to likeness, from absolute accuracy to a more or less rough approximation. There are certain classes of phenomena ... in which a small error in the data only introduces a small error in the result ... The course of events in these cases is stable.
> There are other classes of phenomena which are more complicated, and in which cases of instability may occur, the number of such cases increasing, in an extremely rapid manner, as the number of variables increases ...
> ... Every existence above a certain rank has its singular points: the higher the rank, the more of them. At these points, influences whose physical magnitude is too small to be taken account of by a finite being, may produce results of the highest importance ...
> If, therefore, those cultivators of physical science from whom the intelligent public deduce their conception of the physicist ... are led in persuit of the arcana of science to the study of the singularities and instabilities, rather than the continuities and stabilities of things, the promotion of natural knowledge may tend to remove that prejudice in favor of determinism which seems to arise from assuming that the physical science of the future is a mere magnified image of that of the past ».

The discussion just done has cleared that we are just beginning to understand the behavior of classical dynamical systems. Many problems remain still to be solved. One of these, which was considered with particular attention during this congress, is the problem of thermal conductivity.

As it is well known Fourier law states that the heat current J is proportional to the temperature gradient:

$$J = -k \frac{dT}{dx} , \tag{9}$$

where k is an intensive quantity, independent on the dimension of the crystal. The problem is to see for which systems (9) is true and predict the value of k, on the basis of interatomic forces. One knows that for harmonic crystals (9) is not verified. For anharmonic crystals a theory has been developed by Peierls (1929) but it seems to be in contradiction with recent numerical experiments. On the other hand, different numerical calculations are being performed on various one dimensional lattices, in order to obtain in some case a normal thermal conductivity: so far the results obtained are negative.

If some progress has been made in understanding the transition, for classical systems, from the stable, integrable or quasi integrable behavior to the unstable or stochastic, almost nothing has been done about the corres-

ponding quantum systems. One of the principal difficulties in transferring the classical results to quantum systems lies in the fact that finite quantum systems confined in a limited region of space have a discrete energy spectrum and therefore cannot possess the 'mixing' property in the sense of classical ergodic theory. On the other hand quantum effects are important in many situations, such as, for example, in the theory of unimolecular reactions. A related problems concern the form that semiclassical quantization rules should take when classical orbits become unstable. For their importance, much attention was given, as already said, to such problems, even if few studies have been so far completed.

Great attention was given also to the study of first order nonlinear finite difference equations. As a matter of fact several phenomena in the biological sciences, economical and social sciences, can be described, at least in first approximation, by first order finite difference equations of the type

$$x_{t+1} = F(x_t) \ . \qquad (10)$$

Equations such as (10) can describe the evolution of populations which reproduce themselves seasonally and for which there is no overlap of generations, as it happens for many insects of temperate zones. Examples in economics are related to models of quantity price relationships, in social sciences can be related to the propagation of news, according to the structure of various type of societies (x_t in this case can represent the number of persons which have received the news at time t). Recent studies have shown that also the simplest nonlinear equations of type (10) can have a very complex dynamical behavior, going from stable to completely random. The latter means in particular the impossibility to predict the dynamics of the growth of a population even if the parameters on which this growth depends are exactly known.

Much therefore remains still to be done and an ever growing number of scientists is becoming interested in these problems, both for their intrinsic mathematical interest and for their remarkable practical applications.

G. C.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

To avoid a long list of references I quote only the following two volumes, in which the interested reader can find a large number of references.

*** *Proceedings of the International Conference on « Stochastic Behavior in Classical and Quantum Hamiltonian Systems »*, Cernobbio, 20-24 June 1977, to appear in « Lecture Notes in Physics » Series, Springer-Verlag, Berlin.

F. JORNA (ed.), *Nonlinear Mechanics*, American Institute of Physics Conference Proceedings Series, Vol. 44, A.I.P., New York, 1978.

Comportamento caotico nei sistemi deterministici

Sintesi scientifica del Convegno Internazionale di Fisica tenuto nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano

Cernobbio, 19-24 Giugno 1977

GIULIO CASATI
Università di Milano

Il convegno *Stochastic Behavior in Classical and Quantum Hamiltonian Systems* ha avuto per oggetto lo studio dei recenti sviluppi nella teoria dei sistemi dinamici classici. In questa relazione cercherò di mettere in luce i vari aspetti dei problemi affrontati durante il convegno, i loro fondamenti teorici e le possibili numerose applicazioni pratiche.

Le motivazioni che stanno alla base di un approfondimento dello studio del comportamento dei sistemi dinamici classici sono molteplici. La prima è che dopo trecento anni che conosciamo le equazioni di Newton sarebbe auspicabile che noi conoscessimo il comportamento qualitativo di sistemi conservativi a due gradi di libertà. Un'altra ragione sta nel desiderio di sapere se il sistema solare e la galassia sono stabili sotto le mutue interazioni dei loro costituenti oppure se questi finiranno per collidere o disperdersi all'infinito.

Un'altra motivazione sta nei fondamenti della meccanica statistica. Questa teoria si occupa infatti di determinare il comportamento delle osservabili macroscopiche relative ad un dato sistema fisico e, a questo scopo, fa uso della cosiddetta ipotesi ergodica. Il problema perciò di verificare se questa ipotesi è valida per i sistemi di interesse fisico è di importanza cruciale per tutto l'edificio della meccanica statistica. Infine un'altra motivazione sta nel fatto che i formalismi della meccanica classica e quantistica sono molto simili e perciò ogni progresso nella meccanica classica dovrebbe portare ad un analogo progresso in meccanica quantistica.

Cominciamo con la considerazione dei sistemi integrabili, cioè dei sistemi per i quali la soluzione delle equazioni di Newton può essere ridotta ad un *set* di equazioni simultanee e quindi all'integrazione sulle singole variabili. Limitiamoci per ora ai sistemi non dissipativi descritti da una funzione Hamiltoniana $H(q, p)$ dove $q \equiv q_1, q_2, \ldots, q_N$ e $p \equiv p_1, p_2, \ldots, p_N$ sono le N coordinate di posizione e gli N momenti coniugati rispettivamente. Ogni stato di un sistema dinamico con N gradi di libertà è perciò rappresentato da un punto nello spazio (q, p) a $2N$ dimensioni, detto spazio delle fasi. Poiché ci limitiamo allo studio dei sistemi conservativi, l'energia totale del sistema è una costante del moto e questo significa che durante la evoluzione il punto rappresentativo del sistema si muove sulla superficie a $2N - 1$ dimensioni $H(q, p) = E$ dove E è l'energia totale del sistema.

I sistemi integrabili sono quelli per i quali, oltre alla energia totale, esistono altre $N - 1$ costanti del moto cioè $N - 1$ funzioni $F_i(q, p)$ $(1 \leqslant i \leqslant N - 1)$ che rimangono costanti lungo ciascuna traiettoria del sistema. L'esistenza di queste N complessive costanti del moto implica che la traiettoria del sistema starà su una superficie a N dimensioni dello spazio delle fasi a $2N$ dimensioni. Topologicamente queste superfici sono tori e vengono indicate col nome di tori invarianti poiché un'orbita che parte su uno di essi vi rimane indefinitamente.

La domanda che ora ci si pone è la seguente: l'integrabilità è la regola o l'eccezione? Se tutti i sistemi fossero integrabili, allora esisterebbero le N costanti del moto $F_i(q, p)$ ed il fatto che noi non riusciamo a trovarle potrebbe essere semplicemente conseguenza della nostra scarsa capacità analitica. L'altra possibilità è che i sistemi integrabili rappresentino veramente dei casi eccezionali e che ogni pur piccola perturbazione di questi sistemi abbia l'effetto di distruggere tutte le costanti del moto e con esse i tori invarianti in modo che ogni traiettoria finisca con l'invadere tutta le superficie della energia a $2N - 1$ dimensioni.

Questa questione è di importanza fondamentale per la meccanica statistica. Infatti poiché ogni misura richiede, per la sua esecuzione, un intervallo di tempo finito, il calcolo delle osservabili macroscopiche all'equilibrio implica una media temporale delle funzioni di fase corrispondenti

$$\overline{f} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(q, p)\, dt \ . \qquad (1)$$

In generale però questo integrale non è valutabile in quanto richiede la soluzione delle equazioni del moto. L'ipotesi ergodica afferma che è possibile sostituire alla media temporale di cui sopra la media in fase fatta sull'insieme microcanonico cioè su un insieme distribuito con densità costante sulla superficie dell'energia Σ_E e zero fuori.

$$<f> \ = \frac{\int_{\Sigma_E} f(q, p)\, dq\, dp}{\int_{\Sigma_E} dq\, dp} . \qquad (2)$$

Secondo questa ipotesi risulta infatti che per ogni funzione sommabile sulla superficie dell'energia Σ_E si ha

$$\overline{f} = <f> \ . \qquad (3)$$

Affinché però questa ipotesi sia verificata è necessario che le traiettorie del sistema passino, qualitativamente parlando, per quasi tutti i punti della superficie dell'energia Σ_E. In particolare non deve esistere nessuna costante del moto analitica e ad un sol valore oltre all'energia totale e non devono esistere tori invarianti di misura positiva. Allo studio di questi problemi si sono dedicati a lungo gli astronomi i quali sono interessati ad esempio alla stabilità del sistema solare. Dopo i lavori di Poincaré e di Fermi i fisici si erano convinti che ogni piccola perturbazione aveva l'effetto di distruggere in generale tutte le costanti del moto rendendo perciò il sistema ergodico e giustificando di conseguenza i metodi dei padri fondatori della meccanica statistica Boltzmann, Maxwell, Gibbs e Einstein.

Verso la metà degli anni cinquanta però Kolmogorov suggerì un teorema che fu poi rigorosamente dimostrato da Arnold e Moser negli anni sessanta il quale indica che, benché in forma distorta, la maggior parte dei tori invarianti persiste sotto la perturbazione purché questa sia sufficientemente piccola. Alcuni tori però vengono distrutti dalla perturbazione e la loro misura cresce con il crescere della perturbazione stessa. Questi ultimi inoltre sono distribuiti fra i tori conservati in modo estremamente patologico.

Illustrazioni notevoli di questo teorema si possono osservare in astronomia. Un primo esempio è dato dalle discontinuità presenti nella distribuzione degli asteroidi che sono dei pianeti molto piccoli situati fra Marte e Giove, probabilmente originatisi dall'esplosione di qualche pianeta avvenuta all'epoca della formazione del sistema solare. L'effetto perturbatore di Giove sul moto di questi piccoli pianeti attorno al sole è tale da far prevedere, in base al teorema del KAM, che ci siano delle zone 'vuote' nella distribuzione degli asteroidi in corrispondenza a quelle distanze dal sole in cui il periodo di rivoluzione dell'asteroide è in rapporto semplice con il periodo di Giove. In corrispondenza di quelle distanze infatti i tori invarianti verrebbero distrutti per effetto della perturbazione dovuta a Giove e perciò un pianeta che si trovasse inizialmente in quella posizione abbondonerebbe l'orbita e si disperderebbe. L'osservazione sperimentale mostra la presenza di queste zone vuote proprio in corrispondenza a quelle distanze previste dalla teoria.

Un altro esempio impressionante è dato dagli anelli di Saturno. Questi anelli sono costituiti da un numero elevatissimo di particelle che si muovono indipendentemente in orbite complanari al piano equatoriale di Saturno. Anche qui le zone oscure fra gli anelli corrispondono a periodi di rotazione che stanno in rapporti semplici con quelli dei satelliti principali di Saturno, Mimas ed Eucelado.

L'esistenza di tori invarianti di misura positiva previsti dal teorema di Kolmogorov-Arnold-Moser (KAM) contraddice l'ipotesi ergodica in quanto le traiettorie non possono invadere tutta la superficie dell'energia. Alla stessa conclusione era arrivato Fermi, per via empirica, proprio nello stesso anno (1954) in cui Kolmogorov annunciava il suo teorema. Fermi integrò numericamente le equazioni del moto di una catena monodimensionale di particelle interagenti e con sua grande sorpresa trovò che l'energia cinetica media temporale delle particelle non era equipartita come invece deve accadere per i sistemi ergodici.

Solo pochi anni prima Fermi, sulla base della ipotesi ergodica, aveva tentato di spiegare l'origine dei raggi cosmici proponendo un meccanismo di accelerazione 'stocastica' dovuto alla collisione delle particelle cariche con le nubi magnetiche muoventisi negli spazi interstellari. Egli considerò la nube magnetica come una particella gigante e perciò dotata di una massa e quindi di una energia cinetica enormemente grande rispetto a quella delle particelle cariche. Se perciò il sistema nube-particelle tende verso l'equipartizione della energia cinetica ne segue che l'energia delle particelle deve crescere indefinitamente.

Nel 1961 S. Ulam tentò di verificare l'ipotesi di Fermi studiando numericamente il comportamento del modello descritto nella figura. Esso consiste di una particella che si muove fra due piani paralleli, infinitamente pesanti, e con pareti completamente elastiche. Uno di questi piani è fisso mentre l'altro oscilla secondo una legge data; quest'ultimo simula pertanto la nube magnetica. Secondo il meccanismo di Fermi, in accordo con l'ipotesi ergodica, la velocità della particella dovrebbe crescere indefinitamente con il tempo. I calcoli numerici eseguiti da Ulam diedero invece una risposta negativa: la velocità della particella era dell'ordine di quella della parete mobile e solo in qualche caso arrivava a velocità 3 o 4 volte superiori.

Nasce perciò ora il problema di come possa essere giustificata in generale la meccanica statistica. Il punto centrale è che, come mostrano gli esperimenti numerici, le traiettorie corrispondenti ai tori distrutti sono estremamente irregolari e vanno ad invadere tutta quella parte della superficie dell'energia non occupata dai tori invarianti. Mano a mano che la perturbazione aumenta, la misura dei tori invarianti diminuisce fino a che il moto diventa completamente ergodico o stocastico. Possiamo perciò concludere che, al di sopra di un certo valore critico della perturbazione o dell'energia totale del sistema, l'ipotesi ergodica è verificata e quindi sono giustificati i metodi della meccanica statistica almeno per quanto concerne il calcolo delle quantità macroscopiche all'equilibrio.

Un problema dibattuto e non ancora risolto è se il valore di questa energia critica, al di sotto della quale il sistema non ha un comportamento statistico, è fisicamente significativo o meno. In particolare, poiché i sistemi macroscopici sono costituiti da un numero grandissimo di particelle, esiste il problema di vedere se questa energia critica tende a zero o meno con il crescere del numero di particelle. Nel caso tendesse a zero allora sarebbe giustificata l'ipotesi ergodica e quindi i risultati dei padri fondatori della meccanica statistica. Questa ultima possibilità è quella ritenuta più probabile dalla maggior parte dei fisici e matematici anche se, da un punto di vista rigoroso, il problema rimane aperto.

Se però il teorema del KAM sembra non avere influenza sulla termodinamica dei sistemi macroscopici esso ha notevole importanza per i sistemi con pochi gradi di libertà. Abbiamo già visto alcune applicazioni in astronomia. Altre applicazioni si stanno

trovando ad esempio nel campo della produzione di energia mediante la fusione termonucleare controllata. Questa, come è noto, si basa sulla possibilità di sfruttare la energia cinetica dei neutroni prodotti nella reazione di fusione fra il Trizio ed il Deuterio

$$D + D \rightarrow (T + 1{,}01\ \text{MeV}) + (p + 3{,}03\ \text{MeV})$$
$$D + T \rightarrow ({}^{4}_{2}H_{e} + 3{,}52\ \text{MeV}) + (n + 14{,}03\ \text{MeV}) \qquad (4)$$

Affinché però questa reazione di fusione possa avvenire è necessario portare il plasma a temperature molto elevate e quindi è necessario trovare un modo per fornire energia alle particelle del plasma. Una possibilità alla quale si sta attualmente lavorando consiste nello sfruttare la cosiddetta 'instabilità stocastica'. Il meccanismo si basa sul fatto che un oscillatore non lineare, sottoposto ad una forza periodica, presenta una transizione da moti di tipo stabile (come previsto dal teorema del KAM) a moti di tipo instabile o stocastico. In questa ultima situazione l'oscillatore si comporta come se fosse soggetto ad una forza puramente casuale ed in particolare la sua energia cresce, in media, linearmente con il tempo.

La mancanza di ergodicità nei sistemi non lineari sembra inoltre essere connessa con un altro interessante fenomeno: la presenza dei solitoni. I solitoni sono degli impulsi che si propagano in un mezzo non lineare mantenendo costante la loro forma e velocità. Essi inoltre possiedono la straordinaria caratteristica che, quando interagiscono fra loro, essi escono dalla collisione con la stessa forma e velocità che avevano precedentemente. Benché la loro osservazione sperimentale risalga al 1834 ad opera di Scott-Russell, essi furono praticamente ignorati dall'ambiente scientifico fino ad una decina di anni fa quando Kruskal e Zabusky osservarono la loro esistenza studiando la propagazione di onde nei plasmi e li indicarono con il termine 'solitoni' per indicare le loro straordinarie proprietà di stabilità. Essi sono oggetto ora di intensi studi per l'importanza che sembrano avere in diversi campi come la fisica delle particelle elementari, la fisica del plasma, la fisica dello stato solido, l'astrofisica ecc. Oltre che nella fisica essi sembrano avere importanza anche in altri campi come in biologia, dove ad esempio essi possono avere un ruolo fondamentale nella descrizione della trasmissione degli impulsi nervosi attraverso le sinapsi del sistema nervoso centrale.

La condizione di ergodicità che abbiamo visto essere sufficiente per la giustificazione dei metodi della meccanica statistica di equilibrio, è però irrilevante per l'approccio irreversibile verso l'equilibrio. Per questo è necessario che il sistema possieda proprietà statistiche molto più elevate che non la semplice ergodicità. In generale ci si aspetta che i sistemi fisici possiedano queste proprietà statistiche più elevate anche se fino ad ora esse si sono dimostrate valere (Sinai, 1964) solo per un gas di sfere rigide che urtano elasticamente fra di loro. Una proprietà tipica di questi sistemi è la divergenza esponenziale delle orbite: due stati inizialmente molto vicini danno origine a due orbite che si separano, in media, esponenzialmente nel tempo. Questa proprietà è molto intuitiva; come è noto infatti, per il comportamento irreversibile è necessario che il sistema dimentichi completamente lo stato iniziale.

Se le traiettorie divergono esponenzialmente, un piccolo cambiamento nello stato iniziale darà origine a due stati finali completamente diversi. Viceversa, una piccola imprecisione nella misura dello stato finale ci toglierà qualsiasi informazione circa lo stato iniziale. A rigore i sistemi che posseggono questo carattere di instabilità (e, come già detto, ci si aspetta che la gran parte dei sistemi fisicamente significativi abbia questa proprietà) non possono mai essere considerati come isolati. È molto istruttivo a questo proposito il calcolo eseguito da B. Chirikov che mette in evidenza come il comportamento di questi sistemi non sia mai prevedibile a causa delle perturbazioni delle forze gravitazionali che non è possibile schermare. Consideriamo un gas di sfere rigide di raggio r, con velocità media v e distanza media l e calcoliamo l'effetto perturbatore che ha

una particella di massa m posta ad una distanza R. La accelerazione relativa di due particelle del gas causata dalla presenza di m sarà

$$a \sim \frac{Gml}{R^3} \quad . \tag{5}$$

Questo determinerà una incertezza sulla posizione di impatto delle due particelle

$$\Delta s \sim \frac{al^2}{v^2} \tag{6}$$

ed una incertezza nell'angolo di riflessione

$$\Delta\vartheta \sim \frac{\Delta s}{r} \sim \frac{Gml^3}{R^3 r v^2} \quad . \tag{7}$$

Dopo n collisioni l'incertezza sarà $(l/r)^n \, \Delta\vartheta$ e quindi il numero n di collisioni dopo il quale l'incertezza è di un radiante e si è perciò persa ogni conoscenza del moto è dato da

$$n \sim \frac{ln \; 1/\Delta\vartheta}{ln \; l/r} = \frac{ln \left(\dfrac{R^3 \, r \, v^2}{G \, m \, l^3} \right)}{ln \; (l/r)} \quad . \tag{8}$$

Se ora supponiamo che il nostro gas sia dell'ossigeno in condizioni normali di temperatura e pressione e che la particella perturbante sia un elettrone posto all'estremità opposta dell'universo ($R \sim 10^{10}$ anni luce) si ottiene $n \sim 56$.
Se invece le sfere sono palle da biliardo ($r \sim 3$ cm, $l \sim 30$ cm, $v \sim 1$ m/sec) ed m è una persona presente nella sala ($m \sim 50$ kg, $R \sim 1$ m) allora si otterrebbe $n \sim 9$. La instabilità di questi sistemi è perciò davvero sorprendente. È interessante a questo proposito il seguente brano di Maxwell che risale al 1873 (citato in: L. Campbell and W. Garnett, *The Life of James Clerk Maxwell*, MacMillan, 1882) e dal quale si vede quanto già approfondita fosse la sua visione filosofica sull'argomento:
« È un principio metafisico che le medesime cause producano le medesime conseguenze. Nessuno può contestare ciò. Ma questo non serve molto in un mondo come questo in cui le stesse cause non si riproducono mai e niente avviene due volte ...
L'assioma fisico che ha un aspetto alquanto simile è che 'da condizioni iniziali simili seguono conseguenze simili'. Ma qui siamo passati dalla uguaglianza alla somiglianza, dall'accuratezza assoluta a un'approssimazione più o meno rozza. Ci sono certe classi di fenomeni ... in cui un piccolo errore nei dati introduce solo un piccolo errore nel risultato ... In questi casi il corso degli eventi è stabile.
Vi sono altre classi di fenomeni che sono più complicati, e nei quali possono aversi casi di instabilità, il numero di tali casi essendo crescente in modo molto rapido, al crescere del numero di variabili ...
Ogni ente al di sopra di un certo rango ha i suoi punti singolari: più è alto il rango più sono i punti singolari. In questi punti perturbazioni di ampiezza fisica trascurabile possono produrre risultati della più grande importanza ...
Se, perciò, quei cultori delle scienze fisiche da cui il pubblico intelligente trae la sua opinione dei fisici ... fossero condotti a indagare gli arcani della scienza nello studio delle singolarità e delle instabilità piuttosto che della continuità e stabilità dei fenomeni, la promozione della conoscenza dei fenomeni naturali potrebbe rimuovere quel pregiudizio a favore del determinismo, che sembra avere origine dall'ipotesi che il futuro della fisica sia una semplice immagine ingrandita di quella del passato ».
La discussione fatta ci ha portato a capire che siamo appena agli inizi per quanto riguarda la comprensione del comportamento dei sistemi dinamici classici. Molti problemi rimangono ancora da risolvere. Uno di questi, a cui è stata dedicata particolare attenzione durante il congresso, riguarda il problema della conducibilità termica.
Come è noto la legge di Fourier afferma che la corrente di calore J è proporzionale al gradiente di temperatura:

$$J = -K \frac{dT}{dx} \quad , \tag{9}$$

dove k è una quantità intensiva, che non dipende cioè dalla dimensione del cristallo. Il problema è di vedere per quali sistemi la

(9) è verificata e di predire il valore di k a partire dalle forze interatomiche. Si sa che per i cristalli armonici la (9) non è verificata. Per i cristalli anarmonici la teoria è stata sviluppata da Peierls (1929) ma essa sembra essere in contraddizione con recenti esperimenti numerici. D'altro lato, diversi calcoli numerici si stanno eseguendo su vari reticoli monodimensionali allo scopo di riuscire ad ottenere in qualche caso una conducibilità termica normale: fino ad ora i risultati ottenuti sono negativi.

Se un certo progresso è stato fatto nella comprensione dei sistemi classici per quanto riguarda in particolare il passaggio dal comportamento stabile, integrabile o quasi integrabile, a quello instabile o stocastico, quasi nulla è stato fatto circa lo studio del comportamento dei sistemi quantistici corrispondenti. Una delle difficoltà principali nel tradurre i risultati classici per i sistemi quantistici sta nel fatto che i sistemi quantistici finiti e confinati in una regione limitata dello spazio hanno uno spettro dell'energia discreto e non possono perciò avere la proprietà di '*mixing*' nel senso della teoria ergodica classica. D'altro lato gli effetti quantistici sono importanti in molte situazioni come ad esempio nella teoria delle reazioni unimolecolari. Un problema connesso riguarda la forma che dovrebbero assumere le regole di quantizzazione semiclassiche quando le traiettorie classiche diventano instabili. Data la sua importanza, largo spazio è stato dato a questa problematica durante il convegno anche se, come già detto, pochi studi in merito sono stati fino ad ora eseguiti.

Notevole attenzione è stata infine dedicata allo studio delle equazioni alle differenze finite non lineari, del primo ordine. Infatti molti fenomeni nel campo delle discipline biologiche, economiche e sociali possono essere descritti, almeno in prima approssimazione, da equazioni alle differenze finite del primo ordine e cioè da equazioni del tipo

$$x_{t+1} = F(x_t). \qquad (10)$$

Equazioni come la (10) possono descrivere l'evoluzione di popolazioni che si riproducono stagionalmente e per le quali non si ha sovrapposizione di generazioni come avviene per molti insetti delle zone temperate. Esempi in economia riguardano modelli per le relazioni tra quantità e prezzo, nelle scienze sociali possono riguardare ad esempio la propagazione delle notizie a seconda di come sono strutturati i diversi tipi di società (x_t in questo caso può rappresentare il numero di persone che ha ricevuto la notizia al tempo t). Studi recenti hanno mostrato che anche le più semplici equazioni non lineari del tipo (10) possono avere un comportamento dinamico molto complesso che va da quello stabile a quello completamente caotico. Quest'ultimo significa in particolare la impossibilità di prevedere la dinamica della crescita di una popolazione anche se si conoscono con esattezza i parametri da cui questa crescita dipende.

Molto rimane perciò ancora da fare ed un numero sempre crescente di persone si sta interessando di questi problemi sia per il loro intrinseco interesse matematico sia per le notevoli applicazioni pratiche che essi possono avere.

G. C.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

Allo scopo di evitare un lungo elenco bibliografico citiamo solamente i due seguenti volumi, rimandando il lettore interessato ad un ulteriore approfondimento alla vastissima bibliografia in essi contenuta.

••• *Proceedings of the International Conference on « Stochastic Behavior in Classical and Quantum Hamiltonian Systems »*, Cernobbio, 20-24 June 1977, di prossima apparizione nella serie « Lecture Notes in Physics », Springer-Verlag, Berlin.

F. JORNA (ed.), *Nonlinear Dynamics*, American Institute of Physics Conference Proceedings Series, Vol. 44, A.I.P., New York, 1978.

Quantitative Techniques in Economic Analysis: a Biased View

Scientific synthesis of the International Conference on «New Quantitative Techniques in Economic Analysis», held on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Varenna, 20th - 25th June, 1977

GIORGIO P. SZEGÖ
Università di Bergamo

The international Conference on New Quantitative Techniques in Economic Analysis which has taken place at the Villa Monastero in Varenna (Como) in June 1977 with the financial support of CNR - Comitato Scienze Matematiche and which was followed by a more economic-oriented meeting in Bressanone had a two-fold aim: a reapprisal of the results obtained in the application of the various well established quantitative techniques and a presentation of some other techniques which have so far not received sufficient attention from economists, social scientists and mathematicians interested in quantitative models in the area of social sciences.

The high specific competence of the partecipants to the conference and their limited number made this meeting a very proper occasion for a frank discussion about the state of the art of these applications and the future prospectives.

It is currently believed that if in the next decades we are going to see some further advance in the standard of living of mankind, this will be possible not through some purely technological innovations, due to the diminuishing return of investments in technology and also due to the simultaneously increasing expectation, but that improvement will be possible only in the broad area of the innovations which can be Labelled as 'mastering of complexity'.

This rather optimistic *scenario* is clearly based on the assumption of an increased availability of computers, of a decrease of the computational costs and of a development of quantitative models and of efficient solution algorithms. In the solution of complex problems from those of biochemistry, to those of social sciences, as stated by Roy Radner in his opening address of the meeting of the Econometric Society in Oslo in 1974, the main difficulty is to aggregate results which are true for each individual element which constitute the system, may it be a molecule, a computer or a human beeing, into results which are useful to describe the behaviour of aggregates.

The basic principles of aggregations must be now under severe criticisms due to the apparent almost total failure of the quantitative technologists to come up with models of large systems, failure which may have caused the

current vogue of setting up very rigid planning models which, being unaware of the intrinsic dynamics of the system, in my opinion are a complete aberration from many points of view, but which are indeed basically conceived in the very precise and aesthetically appealing framework of optimization problems.

The first organized attempt to formalize the problem of decision-making with particular regard to the case of an economic environment must be attributed to Von Neumann and Morgensten who, in their famous monograph on the *Theory of Games and Economic Behaviour*, published in 1944 layed the foundations of decision making in a competitive environment[1]. The theory is essentially working on the optimal decision rules of a single player and, may be, the book should have been entitled: Theory of Games and Rational Behaviour.

The immediate difficulties came when the rational rules derived for the single player were applied to a whole economy or social structure composed by many players. In this case clearly it turned out that collective behaviours were not very rational or at least that there were many difficulties to 'rationalize irrational behaviours'.

Another area in which the single optimal solution for one partecipant to the game was extended to the whole set of players was portfolio theory and the theory of capital markets. In this framework, may be because the number of variables is rather small, the integration of the optimal solution of the single player to all partecipants of the markets allowed indeed to give some explanation on the basic properties of the financial markets. But again there is a clear difference between explaining some properties and producing a workable quantitative model.

Very recently the works of Gambarelli on the computation of the Shapley value of a cooperative game may have led the way to a further use of game theory as a basis for explaining the behaviour of larger social aggregates. I shall go back on this point later.

The immediate derivation of the Von Neumann and Morgenstern theories was the theory of economic equilibria. The studies in this area have recently received a strong impulse due to the use of topological dynamics in this area, technique which was in this area pioneered in the works by Debreu, Smale and Hildebrand and which received a final formulation in the monograph by Dierker[2].

Being myself involved for much of my scientific life in this type of abstract works on quantitative system behaviour, I cannot give bad comments on this kind of approach, I am just not in the position of judging its usefulness in the economic studies.

A second major breakthrough in the use of mathematical techniques in social sciences took place in 1956 when Prof. Pontriagin gave the proof of the maximum principle as a necessary condition for the solution of optimal control problems, and suggested a way for the formulation of a large number of dynamic problems as optimization problems.

Optimization in economic problem was clearly applied much earlier then

1956, but strictly used in the area of static microeconomic problems and developed again in 1943-45 in the linear programming techniques discovered by Kantorovich, Koopmans and Dantzing, then extended to the non-linear cases by Fritz John, Harold Kuhn and D. Tucker[3]. The algorithmic aspects[4] of these static approaches have always been improved and clearly we can claim that these techniques have indeed proved their merits allowing the solution of some limited scale problems and we call them 'limited scale problems' even if they may involve millions of variables. The application of the maximum principle to macroeconomic problems took place in 1966-67, years in which the first major contribution to this problem was published[5] and a large international conference on Mathematical System Theory and Economics was organized at the Villa Monastero (June 1967). The Proceedings of this Conference, published in three volumes[6,7], are still widely used as textbooks in advanced courses in Economics. The use of the maximum principle finally provided the economist with a good mathematical framework for the solution of dynamic problems and the whole branch of economic problems on the « Theory of Growth » can be regarded as an offspring of the application of optimal control theory to macroeconomics.

The use of optimization theory has so far been limited to the search of the analytical solutions to the problem. Due to the immense difficulty of finding an analytical solution of the Hamiltonian system which is the core of the optimal control problem we have been observing what can maliciously be called as the generation of a large number of problems all amainable to the very few available analytic solutions. On the other hand the overstressing of analytic solutions may not only be caused by the need of producing papers acceptable for pubblication by respectable journals, but also from the fact that the impact of an analytic solution is much more far reaching than that of a numerical solution.

Numerical solutions for optimal control problems are also not very efficient. Only now a concentrated research effort on dynamic linear programming and functional linear programming provides some hope of a complete and useful solution of the problem[8]. A complete up-to-date presentation of contributions in the area of applications of optimal control theory in economics is contained in Ref. (9).

Another technique for approaching optimization problems is dynamic programming. Dynamic Programming[10] was again at its origin mostly thought as an useful tool for the solution of microeconomic problems. Some important contributions in the area of macroeconomic problems were presented at the conference in Varenna by Prof. Martin Beckmann. For many years dynamic programming was disregarded as a possible serious tool of economic analysis for the absolute lack of closed form solutions and for the computational difficulties connected with a numerical solution. But again dynamic programming is an extremely original approach to optimization and its basic philosophy of iterating backwards can be fruitfully applied in many areas.

In spite of the pessimistic prediction of obtaining analytic solutions dynamic programming problems, in 1972 Robert Merton obtained a closed form solution for a stochastic dynamic programming in a model describing an intertemporal or dynamic portfolio selection problem[11]. The analytic solution obtained by Prof. Merton led the way to a whole set of applications in the area of finance.

There is in principle no contraindication in applying this type of approach and analytical solution also to other type of problems. The review paper of Piera Mazzoleni presented at the Varenna symposium had the aim of better informing the economic community about the possibility of using this formulation.

For the analysis of the general properties of dynamical systems, a very general technique was proposed in the '30ies independently by the american mathematician Whitney and the russian Markov. The idea was to characterize the motions described by the solutions of a differential equation in its solution space by defining some topological transformation group which acts upon all points of the solution space moving them around in similar (or identical) way in which a differential equation transfer the initial conditions into successive solution points. According to the property of the space in which the transformation groups are defined and the hypothesis on the transformations we can obtain an abstract definition of an ordinary differential equation or of more general transformations group.

This theory has been particularly useful for the investigation of the stability and attraction properties. The monograph of Bhatia and Szegö[12], is devoted to the presentation of the properties of non-differentiable dynamicl system in a euclidean space. The works of Szegö, the following works of Treccani, Castillo and Rodriguez published in the book edited by Dixon and Szegö[14] are dealing with the propeties of discrete semidynamical systems which provide a characterization of optimization algorithms. A very advanced work on this subject on discrete semidynamical system in a Banach space was presented at the Varenna Symposium by Castillo and Llorens. This paper provides a convenient general formulation of the convergence properties of numerical algorithms for the solution of optimal control problems. All the previous works do not make any assumption regarding the differentiability of the 'flow' i.e. of the transformation. If one assumes that the flow is differentiable, then the whole powerful machinery of differential topology can be applied and some very strong results can be obtained; the theory of Smale on dynamical system falls in this category as well as the already mentioned particular applications to economic equilibria due to Dierker. Theory of structural stability and in a way catastrophe theory also fall into this type of pattern[15].

The words catastrophe theory leads the way to the idea of discontinuities which are of extreme importance in order to explain social phenomena. In the economic literature hysteresis cycles leading to discontinous behav-

iours were well known; the recent results of Gambarelli on the Shapley value show some similar discontinuity[16]. Also in models of portfolio selection with transaction costs similar discontinuities take place. Notice however that in real life there do not exist discontinuities for a given time scale. Usually in most semplified models, for instance in finance, the markets are supposed to be perfect, but if one takes into account the « market costs », phenomena which seems to show a complete discontinuity are on closer investigation i.e. with an extended time scale, not discontinuous.

In spite of many claims that all discontinuous behaviours which have been explained by catastrophe theory could also be explained by preceedings theories, catastrophe theory is a quite appealing axiomatic approach to 'morphogenesis'.

Indeed the axiomatic approach typical of the theory of dynamical system may not necessary always lead to new results, but it always provides a very convenient 'way of thinking' not only in the case of system which evolve with time (the classical notion of dynamical systems), but also in all types of evolutionary process.

Another variation on the theory of dynamical system is the so-called 'ergodic theory' which is the investigation of measure preserving properties of transformation groups. Ergodic theory has so far not been applied to the investigation of economic problem, but it is conceivable that in the near future, possibly due to the application to social sciences of irreversible thermodynamics and of the theory of stochastic behaviour of Hamiltonian systems, problem which is again related to ergodicity, many economic problems will be solved through the application of ergodic theory. Through this theory one tries to clarify some of the wildly erratic solution behaviour which can occur in various systems of interest in economics, ecology, biology as well as in many areas of physics. Typically the interesting problem in economics (see also R. Thom)[15] in the transition between a regular type and 'chaotic' type of behaviour still associated to deterministic systems. For the basic mathematical results of this theory the reader may consult the recent monograph of J. Moser[17]. The paper *Ergodicity for Economists* presented by Prof. J. Ford at the Varenna conference provides a preliminary, but very complete presentation of the problem, while the contribution of M. Feigenbaum investigates in detail the behaviour of the solutions of the simple difference equation formed by a polynomial of degree two. The other very promising qualitative technique for economics and social sciences is irreversible thermodynamics. This important theory practically formalized by the pioneering work of I. Prigogine (see for instance G. Nicolis and I. Prigogine[18]) has like classical thermodynamics the aim of describing the behaviour of systems containing large numbers of elements through the average density of each component at a point in space and time. All such classical thermodynamical system have the property that in their evolution a parameter, the entropy, remain constant. Thus the axiomatization of thermo-

dynamics proposed by Caratheodory in 1909 has its natural extension and formalization in the already mentioned theory of measure-preserving topological transformation group: the ergodic theory.

The idealization provided by classical thermodynamics and ergodic theory in most cases however is not of any use in describing complex socio-economic problems which are almost never characterized by the presence of measure preserving transformation possibly due to a reluctance to collaborate among single elements if the coalition does not present an increase of welfare, of wealth, of value of the sum of the elements i.e. of the partecipants to the game.

This principle which seems to be one of the basic axioms shared by the physical sciences and economics may make irreversible thermodynamics an extremely powerful tool for the solution of socio-economic problems; the paper by P.M. Allen on: *Order by Fluctuation and the Urban System* is a perfect example of the type of problems.

One mathematical technique which of course is not new, but on which we have recently observed some major breackthrough is the computation of fixed points. Indeed the recent work by S. Smale, by J. Yorke and by A. Cellina[19] have made computation of fixed points, even of extremely high dimentional transformation, a feasable proposition.

In turn this fact has suggested the possibility of translation many 'optimization' problems into fixed points problems. We recall for instance the whole optimal design of the transformation network of Washington D.C. performed by means of fixed point techniques by a group led by Prof. Kuhn.

The results of these efforts were presented at the Varenna conference by Prof. Kuhn.

In the set of problems and methods which I have presented I did not mention what I think to be a rather major challange. I call it a challange because it is a problem which has been laying around for quite some time: the problem of organization, i.e. have to structure a system in order to achieve the highest efficiency (minimize its costs). I remember a summer school in Dubrovnik about 8 years ago fully devoted to this problem in which many approaches were put forward. This real problem may be now overshadowed by the deep interest in related, well defined and mathematically well organized theory: the theory of hierarchical control. In this theory however the structure of the system is given while in reality in organization building it is the structure of the organization which is sought. In the vast majority of cases, even in the problem of the original design of a computer system, we do not have to deal with a purely technical problem, but almost always, with a problem with some interaction with man which affects the choice of the best organizational structure through considerations of economy of scale, of diseconomies of scale and of efficiency.

On the subject of hierarchical control two important papers by K. Malinowski and B. Cornet were presented at the Varenna Conference.

Many approaches based upon information theory, and cost minimization have been tried, but this is a typical problem which is even lacking of a precise formulation.
This failure of quantitative techniques in their strictest sense suggests for many problems the possibility of using what can be broadly called simulation technique.
In my opinion we can make the following comparison: between analytical model building and simulation there exists the same relationship there exists between the classical Lagrangean or Hamiltonian approach of theoretical mechanics and the block diagrams and transfer function approach in the analysis of linear systems. I still remember after a formal university training in the fields of mathematics and physics when I was just exposed to the block diagram derivation of immensly complex control systems following the course of Prof. Oppelt in Darmstadt. The second technique was so much simpler then the first one, the weight of each particular component in the model so much clearer, that I had the feeling that I had lost a lot of my time in my previous university studies.
Simulation, of course, is not only an easy technique for model building, but possibly coupled with optimization algorithms may provide the only possible solution of the complex problems that we will be asked to solve in the next years.
In many cases simulation may not be an alternative or choice but a must. This is clearly the case in which many functions cannot be expressed in analytic form, but only as a computer algorithm.
If one thinks to simulation in its end stage, i.e. as a computer program, we can see that the problem may only be marginally different from that of the numerical solution of an optimization problem which has first been set up as an analytic problem and then taken to a computer to be solved. Thus there does not really exist, in my opinion, an antagonism between the analytical techniques and simulation, but more a different way of looking at the problem.
If the actual trend in computer components economics is going to continue and we all think that this is indeed the case, if the price of microprocessors, memories etc. is going to follow the same trend as in the last two years, this fact will have a drastic impact on mathematical modelling; the now sharp boundaries between hardware and software will become much blurred, it will be conceivable and economical to have computer parts which are constructed for the specific solution of some problems and our efforts for the mastering of complexity may become successfull.

G. P. S.

Research performed in the framework of GNIM, Comitato Nazionale Scienze Mathematiche, CNR.

BIBLIOGRAPHY

1 J. Von Neumann and O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton Univ. Press, Princeton, 1944.

2 E. Dierker, *Topological Methods in Walrasian Economics*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 92, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1972.

3 O. Mangasarian, *Nonlinear Programming*, Mc Graw Hill, New York, 1969.

4 G. P. Szegö, *Optimization Algorithms Mathematical Theory and Computer Results*, Academic Press, New York, 1972.

5 K. Shell (ed.), *Essay on the Theory of Optimal Economic Growth*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1967.

6 A. Strauss, *Theory of Optimal Control*, Lecture Notes in Operations Research, Vol. 10, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1968.

7 H. W. Kuhn and G. P. Szegö, *Mathematical System Theory and Economics*, Lecture Notes in Operations Research, Vol. 11-12, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1968.

8 L. Dixon and G. P. Szegö (eds.), *Towards Global Optimization*, II, North-Holland, Amsterdam, 1978.

9 D. Cass and K. Shell (eds.), *The Hamiltonian Approach to Dynamic Economics*, Academic Press, New York and London, 1967.

10 R. Bellman, *Dynamic Programming*, Mc Graw Hill, New York, 1960.

11 R. Merton, *An Intertemporal Capital Asset Pricing Model*, in Econometrica, Sept. 1973.

12 N. P. Bhatia and G. P. Szegö, *Stability Theory of Dynamical Systems*, Grundlehren der Mathematisches Wissenschaften, Vol. 104, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1970.

13 H. W. Kuhn and G. P. Szegö (eds.), *Differential Games and Their Applications*, North-Holland, Amsterdam, 1971.

14 L. Dixon and G. P. Szegö (eds.), *Towards Global Optimization*, North-Holland, Amsterdam, 1975.

15 R. Thom, *Structural Stability and Morphogenesis*, W. A. Benjamin, Reading (Mass.), 1975.

16 G. Gambarelli and G. Zambruno, *An Analytical Reformulation of the Shapley Value of Game*, Tech. Rept. Institute of Mathematics, University of Bergamo, 1978.

17 J. J. Moser, *Stable and Random Motions in Dynamical Systems*, Princeton Univ. Press., Princeton, 1973.

18 G. Nicolis and I. Prigogine, *Self-organization in Non-equilibrium Systems*, Wiley, New York, 1977.

19 A. Cellina, *Metodi costruttivi nella teoria del punto fisso*, Convegno sulle "Applicazioni del Teorema del punto fisso all'analisi economica", Centro Linceo interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro Applicazioni, Roma, 1977.

Tecniche quantitative nell'analisi economica: una rassegna faziosa

Sintesi scientifica del Convegno internazionale su «New Quantitative Techniques in Economic Analysis», tenuto nell'ambito delle manifestazioni per l'Anno Voltiano

Varenna, 20-25 Giugno 1977

GIORGIO P. SZEGÖ
Università di Bergamo

La conferenza internazionale sulle Nuove Tecniche Quantitative nell'Analisi Economica, conferenza che ha avuto luogo alla Villa Monastero di Varenna (Como) nel giugno 1977 con l'appoggio finanziario del CNR - Comitato Scienze Matematiche e dell'Istituto Universitario di Bergamo, e che è stata seguita da un incontro più applicato organizzato a Bressanone, ha avuto un duplice fine: un'analisi critica dei risultati ottenuti nell'applicazione all'analisi economica di varie già sperimentate tecniche quantitative e la presentazione approfondita di nuove tecniche che finora a nostro giudizio non hanno ricevuto l'attenzione che meritano da parte di economisti, studiosi di scienze sociali e matematici applicati.

Il livello di competenza estremamente elevato dei partecipanti alla Conferenza ed il numero limitato dei partecipanti stessi rese possibile una discussione franca e approfondita dei risultati ottenuti e delle prospettive di sviluppo delle applicazioni delle diverse tecniche a problemi di economia.

Se nei prossimi anni lo standard di vita dell'umanità potrà continuare a progredire ciò sarà possibile non solo per l'introduzione di nuove innovazioni tecnologiche — innovazioni di possibilità realizzative non certe, vista la drastica diminuzione di redditività sugli investimenti in tecnologie ed il simultaneo aumento delle attese del pubblico — ma più che altro per gli sviluppi e i progressi nell'area che potrebbe essere chiamata col nome di 'dominio della complessità'.

Questo scenario piuttosto ottimistico è chiaramente basato sull'ipotesi di una disponibilità sempre crescente di calcolatori, di una diminuzione dei costi unitari di calcolo e sullo sviluppo di algoritmi risolutivi efficienti. Nella soluzione di problemi complessi, da quelli di biochimica a quelli che si presentano nelle scienze sociali, come affermato da Roy Radner nel discorso d'apertura all'incontro europeo della Società Econometrica ad Oslo nel 1974, la difficoltà principale è aggregare risultati che sono validi per ogni individuo costituente il sistema (una molecola, un calcolatore, un essere umano, ecc.) in risultati utili a descrivere il comportamento degli aggregati.

I principi fondamentali di aggregazione finora utilizzati devono essere radicalmente criticati a motivo del fallimento evidente e quasi totale dei modelli che si ripromettono di spiegare in modo convincente il comportamento di grandi sistemi, fallimento che a sua volta può essere ritenuto almeno in parte responsabile della moda attuale di mettere a punto modelli di pianificazione molto rigidi che ignorando totalmente l'intrinseca dinamica del sistema costituiscono a mio giudizio delle totali aberrazioni da tutti i punti di vista, ma che sono fondamentalmente costruiti in modo molto piacevole dal punto di vista estetico come problemi di ottimizzazione.

Il primo tentativo ben organizzato di formalizzare il problema delle scelte decisionali con particolare riguardo al caso di un sistema economico deve essere attribuito a von Neumann e Morgenstern che nella loro famosa monografia sulla *Teoria dei giochi e del comportamento economico* pubblicata nel

1944 ponevano le fondazioni della teoria delle decisioni in un ambiente competitivo[1]. Questa teoria cerca di identificare le leggi di comportamento ottimo per ogni singolo giocatore e probabilmente il libro si sarebbe potuto più precisamente intitolare Teoria dei giochi e del comportamento razionale. Le prime difficoltà nell'applicare la teoria dei giochi si ebbero quando si cercò di applicare le regole valide per il singolo giocatore all'intera economia e all'intera struttura sociale composta da molti giocatori. In questo problema più generale si verificò che l'aggregazione dei comportamenti razionali individuali non portava a comportamenti collettivamente razionali e che si avevano molte difficoltà nel tentativo di 'razionalizzare comportamenti irrazionali'.

Un'altra area in cui la singola soluzione ottima per un partecipante al gioco è stata estesa all'intero insieme dei giocatori è la teoria del portafoglio e dei mercati capitali. In questo particolare problema, forse perché il numero delle variabili è piuttosto piccolo, l'estensione della soluzione ottima per un singolo investitore al mercato a cui partecipano tutti gli investitori porta a risultati interessanti e permette di raggiungere qualche utile spiegazione sulle proprietà fondamentali dei mercati finanziari. Ma chiaramente è molto diverso ottenere qualche genuino risultato qualitativo e ottenere un modello quantitativo utilizzabile.

I recenti lavori di Gambarelli sul calcolo del valore di Shapley in un gioco cooperativo forniscono la possibilità di utilizzare la teoria dei giochi per descrivere il comportamento di più grandi aggregati sociali. Ritornerò dopo su questo punto.

Il più importante prodotto della teoria di von Neumann in campo economico è la teoria dell'equilibrio. Gli studi in questo settore hanno recentemente ricevuto un forte impulso mediante l'utilizzo delle tecniche della dinamica topologica, tecniche utilizzate dapprima nei lavori di Debreu, Smale ed Hildenbrand e che hanno avuto la loro formalizzazione definitiva nella monografia di Dierker[2].

Avendo passato buona parte della mia vita scientifica in lavori di natura astratta sul comportamento qualitativo dei sistemi, non posso evidentemente dare un parere negativo su questo tipo di metodologia; ritengo però che sia competenza degli economisti dare un giudizio sull'effettiva potenzialità di queste tecniche.

Un secondo contributo fondamentale che ha permesso un vasto numero di applicazioni nelle scienze sociali ha avuto luogo nel 1956 quando il prof. Pontryagin dimostrò il principio del massimo, condizione necessaria d'ottimalità per la soluzione di problemi di controllo ottimo e suggerì quindi la formulazione di un gran numero di problemi dinamici in problemi d'ottimizzazione.

Il concetto d'ottimizzazione era stato applicato a problemi d'ottimizzazione molto prima del 1956, ma limitatamente all'area dei problemi statici microeconomici. In questo contesto venne sviluppata negli anni 1943-45 la tecnica della programmazione lineare ad opera di Kantorovich, Koopmans e Dantzig, poi estesa ai casi nonlineari dai contributi di F. John, H. Kuhn e D. Tucker[3]. Gli aspetti computazionali di queste idee hanno avuto uno sviluppo costante e continuo negli ultimi anni[4]: possiamo asserire che questi algoritmi hanno davvero dimostrato la loro utilità avendo permesso la soluzione di alcuni problemi di media dimensione (e chiamiamo problemi di media dimensione problemi che possono anche avere milioni di variabili).

Il principio del massimo di Pontryagin iniziò ad essere applicato alla soluzione di problemi macroeconomici negli anni 1966-67, anni in cui furono pubblicati i primi importanti lavori in questo filone[5] e fu organizzata proprio alla Villa Monastero di Varenna la prima grande conferenza internazionale sul tema della Teoria Matematica dei Sistemi ed Economia (Giugno 1967). Gli atti di questa conferenza, pubblicati in tre volumi[6,7], sono ancora ampliamente usati come libri di testo in corsi avanzati d'Economia. Il principio del massimo fornì agli economisti un efficiente strumento matematico per la soluzione di problemi dinamici: il settore degli studi economici dedicato alla « Teoria

dello sviluppo » può essere interpretato come uno sviluppo dell'applicazione della Teoria del controllo ottimo ad un particolare problema macroeconomico.

L'utilizzo della teoria dell'ottimizzazione è stato finora limitato alla ricerca ed all'utilizzo di soluzioni analitiche di problemi. A motivo dell'immensa difficoltà di identificare soluzioni analitiche del sistema Hamiltoniano, che è il tema centrale dei problemi di controllo ottimo, si è potuta osservare la formazione di quella che può essere maliziosamente definita una vasta classe di problemi tutti riferibili alle poche soluzioni analitiche trovate. D'altro canto l'ossessione per l'identificazione di soluzioni analitiche è evidentemente causata non solo dall'esigenza di produrre lavori accettabili per pubblicazione in rispettabili riviste scientifiche, ma anche dal fatto che il peso di una soluzione analitica è molto più rilevante e si presta ad interpretazioni più generali che non una soluzione numerica.

Le soluzioni numeriche per la risoluzione di problemi di controllo ottimo sono anche non molto efficienti. Solo recentemente il tentativo di ricondurre la soluzione di tali problemi a successioni di problemi di programmazione lineare mediante la tecnica della programmazione lineare dinamica o programmazione lineare funzionale è sperabile che possa fornire una soluzione completa ed utilizzabile del problema[8]. Una presentazione completa ed aggiornata dei principali contributi nel settore dell'applicazione della teoria del controllo ottimo all'economia è proposta in Ref. (9).

Un'altra tecnica per affrontare i problemi d'ottimizzazione è fornita dalla programmazione dinamica. La programmazione dinamica[10] era stata inizialmente formulata essenzialmente come uno strumento per la soluzione di problemi microeconomici. Alcuni importanti contributi nell'area dei problemi macroeconomici sono stati presentati alla conferenza di Varenna dal Prof. Martin Beckmann.

Per molti anni la programmazione dinamica non è stata considerata un utile strumento d'indagine nell'analisi economica per l'impossibilità di ottenere soluzioni analitiche e per le difficoltà associate all'identificazione di soluzioni numeriche. D'altra parte la programmazione dinamica è una filosofia d'ottimizzazione estremamente originale e la sua idea fondamentale d'iterare all'indietro dalla soluzione ottima alle condizioni iniziali può essere utilmente applicata in molti settori.

A dispetto delle pessimistiche previsioni sulla possibilità di ottenere soluzioni analitiche per problemi di programmazione dinamica, nel 1972 R. Merton[11] ottenne una soluzione analitica per un problema di programmazione dinamica stocastica nel caso di un modello che descrive un problema di selezione del portafoglio internazionale o dinamico. Questa soluzione analitica ottenuta dal prof. Merton aprì la strada ad un intero insieme di applicazioni di programmazione dinamica stocastica a problemi finanziari. Chiaramente non esistono controindicazioni di principio per applicare questo tipo di tecnica e di soluzione analitica anche ad altri tipi di problemi. Il lavoro presentato dalla Prof. Piera Mazzoleni al simposio di Varenna aveva precisamente lo scopo d'informare la comunità economica sulle possibilità di utilizzo di questa tecnica.

Per l'analisi delle proprietà generali dei sistemi dinamici è stata proposta negli anni '30 indipendentemente da due matematici, l'americano Whitney ed il russo Markov, una tecnica molto generale. L'idea fondamentale era di caratterizzare i moti definiti dalle soluzioni di un'equazione differenziale nello spazio delle soluzioni introducendo un gruppo di trasformazioni topologiche che agiscono su tutti i punti dello spazio delle soluzioni in modo simile a come un'equazione differenziale trasla le condizioni iniziali in punti successivi. A seconda delle proprietà dello spazio in cui sono definiti questi gruppi di trasformazioni ed alle ipotesi restrittive fatte sulle trasformazioni stesse si può ottenere una definizione astratta di un'equazione differenziale e di un gruppo di trasformazioni ancor più generale.

Questa teoria è stata particolarmente utile per lo studio delle proprietà di stabilità e

d'attrazione. La monografia di Bhatia e Szegö[12] era per esempio dedicata alle presentazioni delle proprietà di un sistema dinamico non differenziabile in uno spazio Euclideo. I lavori di Szegö[13] ed i successivi lavori di Treccani, di Castillo e di Rodriguez pubblicati nel libro edito da Dixon e Szegö[14] investigano le proprietà di semisistemi dinamici discreti che forniscono una caratterizzazione degli algoritmi d'ottimizzazione. Un lavoro molto avanzato sul tema dei semisistemi dinamici in uno spazio di Banach è stato presentato al simposio di Varenna da Castillo e Llorens. Questo lavoro fornisce una conveniente formulazione generale delle proprietà di convergenza di algoritmi numerici per la soluzione di problemi di controllo ottimo.

Tutti i lavori precedenti non fanno alcuna ipotesi sulla differenziabilità del 'flusso' ossia della trasformazione. Se invece si fa l'ipotesi che il flusso sia differenziabile allora si può applicare il potente meccanismo della topologia differenziale e si possono quindi ottenere dei risultati molto consistenti; la teoria di Smale sui sistemi dinamici ricade in questa categoria di risultati così come le particolari applicazioni all'equilibrio economico dovute a Dierker che abbiamo precedentemente citato. La teoria della stabilità strutturale ed in un certo qual modo anche la teoria delle catastrofi segue questo tipo di approccio[15].

L'idea della teoria delle catastrofi spinge naturalmente il discorso verso i problemi di discontinuità che sono d'importanza estrema per cercare di spiegare molti fenomeni sociali. Nella letteratura economica sono ben noti fenomeni che presentano cicli di isteresi che accusano comportamenti discontinui; i recenti risultati di Gambarelli sul calcolo del valore di Shapley dimostrano simili discontinuità anche in problemi di giochi[16]. Analoghe discontinuità si possono riscontrare in modelli di selezione di portafoglio con costi di transazione. Si noti però che nel mondo reale non esistono discontinuità in senso matematico del termine, ma solo discontinuità per una data scala di tempi. Di solito nella maggior parte dei modelli semplificati, ad esempio in problemi finanziari, si fa l'ipotesi che i mercati siano perfetti ma, se si considerano i 'costi di mercato', fenomeni che sembrano mostrare discontinuità molto marcate si presentano ad un'analisi più precisa, cioè con una scala dei tempi più estesa, come non discontinui. Nonostante i molti risultati che asseriscono che tutte le discontinuità spiegate mediante la teoria della catastrofe sono spiegabili anche utilizzando le teorie preesistenti, la teoria delle catastrofi rappresenta tutt'oggi l'unico metodo generale di studio delle 'morfogenesi'.

Chiaramente la tecnica assiomatica tipica della teoria dei sistemi dinamici non porta necessariamente sempre a nuovi risultati, ma fornisce sempre un 'modo di pensare' molto conveniente, non solo nel caso di sistemi che evolvono col tempo (la nozione classica di sistema dinamico), ma in tutti i tipi di processo evolutivo.

Un'altra forma della teoria dei sistemi dinamici è costituita dalla cosiddetta 'teoria ergodica' che consiste nell'analisi delle proprietà che preservano una misura in un gruppo di trasformazioni. La teoria ergodica non è stata finora applicata all'investigazione di problemi economici, ma è probabile che nel prossimo futuro, eventualmente attraverso l'applicazione alle scienze sociali di concetti della termodinamica irreversibile e della teoria del comportamento stocastico nei sistemi hamiltoniani classici, problema a sua volta legato all'ergodicità, molti problemi economici verranno formulati utilizzando la teoria ergodica. Mediante questa teoria si cerca di chiarire comportamenti estremamente 'erratici' di alcune soluzioni che hanno luogo in problemi di economia, ecologia, biologia e in molti campi della fisica. Tipicamente il problema interessante in economia (vedi anche R. Thom)[15] è costituito dalla transizione da un comportamento di tipo regolare ad uno di tipo 'caotico' associato a sistemi deterministici. Per i risultati matematici fondamentali di questa teoria si può consultare il testo di J. Moser[17]. Il lavoro *Ergodicità per economisti* presentato dal prof. J.

Ford alla conferenza di Varenna fornisce una presentazione preliminare, ma molto completa del problema, mentre il lavoro di M. Feigenbaum analizza in dettaglio il comportamento di una semplice equazione alle differenze finite formata da un polinomio d'ordine due. Un'altra tecnica quantitativa molto promettente nelle scienze economiche e sociali è costituita dalla termodinamica irreversibile. Questa importante teoria, praticamente formalizzata dai lavori di I. Prigogine (vedi ad esempio G. Nicolis ed I. Prigogine[18]) ha, analogamente alla termodinamica classica, lo scopo di descrivere il comportamento di sistemi che contengono un gran numero di elementi mediante l'analisi della densità media di ogni componente in ciascun punto dello spazio e del tempo. Tutti i sistemi della termodinamica classica (cioè reversibile) hanno la proprietà che nel corso della loro evoluzione un parametro, l'entropia, rimane costante. Pertanto l'assiomatizzazione della termodinamica proposta da Caratheodory nel 1909 ha la sua naturale estensione e formalizzazione nella già citata teoria dei gruppi di trasformazioni topologiche con misura invariante: la teoria ergodica.

L'idealizzazione fornita dalla termodinamica classica e dalla teoria ergodica in molti casi non è di alcun uso nel descrivere complessi problemi socio-economici che non sono quasi mai caratterizzati dalla presenza di una trasformazione con misura invariante. Questo fatto può essere dovuto alla riluttanza a cooperare tra singoli elementi se la coalizione non presenta un aumento di benessere, di ricchezza o di valore rispetto alla somma degli elementi partecipanti al gioco.

Questo principio, che si direbbe essere uno degli assiomi fondamentali che si applica sia alle scienze fisiche che a quelle sociali, può far si che la teoria della termodinamica irreversibile divenga uno strumento estremamente utile nella soluzione di problemi socio-economici; il lavoro di P. M. Allen su *Ordine mediante fluttuazioni ed i sistemi urbani* è un esempio perfetto di questo tipo di problemi.

Una delle tecniche matematiche evidentemente non nuova, ma che ha recentemente sperimentato una serie di risultati innovativi, è il calcolo numerico dei punti fissi; i recenti lavori di S. Smale, J. Yorke ed A. Cellina[19] hanno reso il problema del calcolo dei punti fissi, anche in problemi di dimensionalità molto elevata, abbastanza facilmente risolubile.

D'altra parte questi risultati nei problemi di calcolo numerico hanno suggerito la possibilità di tradurre molti problemi di 'ottimizzazione' in problemi di calcolo di punti fissi. Ricordiamo per esempio a questo proposito il problema dell'ottimizzazione della rete di trasporti di Washington, problema risolto per mezzo di queste tecniche da un gruppo di studio guidato dal prof. Kuhn. I risultati di queste ricerche sono stati presentati alla conferenza di Varenna dallo stesso.

Nell'insieme di problemi e di metodi che ho finora ricordato non ho citato quello che si può ritenere uno dei problemi più elusivi di tutta la teoria dei sistemi, problema che chiamo elusivo appunto perché è stato formulato diversi anni or sono senza che ne sia stata data una soluzione accettabile: il problema della struttura organizzativa ottima, ossia il problema di articolare la struttura di un sistema in modo da ottimizzarne l'efficienza. Ricordo su questo tema un'importante scuola estiva organizzata circa otto anni fa a Dubrovnik, totalmente dedicata a questo problema, scuola in cui vennero proposte e confrontate diverse metodologie per la soluzione del problema stesso. Questo problema reale può essere ora dominato dall'interesse in un problema ad esso connesso però ben definito anche dal punto di vista matematico, ossia la teoria del controllo gerarchico. Nella teoria del controllo gerarchico si fa però ipotesi che la struttura del sistema sia preassegnata, mentre nei problemi organizzativi è proprio questa struttura che è incognita. Nel gran numero dei casi, anche nel problema della progettazione ottima di sistemi di calcolo, tipico problema organizzativo, non basta tener conto degli aspetti puramente tecnici del problema, ma quasi sempre occorre tener

presente anche i problemi umani, problemi che hanno una notevole rilevanza nella definizione dell'organizzazione ottima attraverso considerazioni di economie e diseconomie di scala e d'efficienza.
Sul tema del controllo gerarchico sono stati presentati alla conferenza di Varenna due lavori rispettivamente da parte di K. Malinowski di Varsavia e di B. Cornet di Parigi.
Sul problema generale del disegno di sistemi informativi sono state tentate diverse metodologie basate, sia sulla teoria dell'informazione che sulla minimizzazione di costi, senza poter raggiungere dei risultati definiti ed applicabili praticamente. Una proposta basata sull'utilizzo delle funzioni utilità è stata presentata dall'autore. Il fallimento delle tecniche quantitative nell'accessione più stretta del termine suggerisce per molti problemi di tentare le tecniche di simulazione.
Ritengo che a questo proposito si possa fare un confronto tra i modi d'affrontare un problema e concludere che tra i metodi analitici di costruzione di modelli e la simulazione esista la stessa differenza che esiste tra le classiche tecniche lagrangiane ed hamiltoniane della meccanica razionale e la tecnica della costruzione dei diagrammi a blocchi e derivazione della funzione di trasferimento nel caso di sistemi lineari.
Mi ricordo che dopo un'istruzione universitaria di tipo classico nel settore della matematica e della fisica ero rimasto enormemente colpito dall'apparente semplicità della tecnica dei diagrammi a blocchi per la derivazione di modelli anche in forma di equazioni differenziali nel caso di sistemi fisici molto complessi seguendo le lezioni del prof. Oppelt a Darmstadt.
La nuova tecnica mi era sembrata tanto più semplice di quella classica, il peso d'ogni particolare componente nel modello tanto più chiaro, da aver l'impressione di aver perso inutilmente molto tempo nei miei precedenti studi più formali.
La simulazione naturalmente non è solo una facile tecnica di costruzione di modelli, ma possibilmente, unita ad algoritmi di ottimizzazione, può fornire la sola soluzione possibile per i problemi complessi che si dovranno affrontare nei prossimi anni.
In molti casi la simulazione non è una scelta alternativa ma l'unica tecnica disponibile. Questo si ha in particolare quando in un problema sono presenti funzioni non espresse in forma analitica, ma solo come programmi di calcolo.
Se si considera un problema nel suo stadio finale di simulazione ossia quando ha la forma di un programma di calcolo si vede che questo problema può essere molto simile a quello che si avrebbe procedendo con la costruzione di un modello analitico prima e poi con la soluzione numerica del relativo problema d'ottimizzazione. Non esiste pertanto un antagonismo tra queste tecniche, quella analitica e quella simulativa, ma piuttosto esse costituiscono due diversi metodi per affrontare un problema.
Se la tendenza attuale nell'economia dei componenti di calcolo continuerà, e tutti noi pensiamo che sarà questo il caso, se il prezzo dei microprocessors, memorie, ecc. continuerà a scendere come negli ultimi due anni questo fatto avrà un impatto enorme sul problema della costruzione dei modelli: le frontiere oggi molto precise tra hardware e software diverranno incerte, diverrà possibile ed anche economico avere delle parti di calcolatore costruite per la soluzione di specifici problemi ed in questo caso i nostri sforzi volti al 'dominio della complessità' potranno avere successo.

G. P. S.

Tradotto dall'Autore

Ricerca svolta nell'ambito del GNIM, Comitato Nazionale Scienze Matematiche, CNR.

BIBLIOGRAFIA

1 J. VON NEUMANN and O. MORGENSTERN, *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton Univ. Press, Princeton, 1944.

2 E. DIERKER, *Topological Methods in Walrasian Economics*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 92, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1972.

3 O. MANGASARIAN, *Nonlinear Programming*, Mc Graw Hill, New York, 1969.

4 G. P. SZEGÖ, *Optimization Algorithms Mathematical Theory and Computer Results*, Academic Press, New York, 1972.

5 K. SHELL (ed.), *Essay on the Theory of Optimal Economic Growth*, MIT, Press Cambridge (Mass.), 1967.

6 A. STRAUSS, *Theory of Optimal Control*, Lecture Notes in Operations Research, Vol. 10, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1968.

7 H. W. KUHN and G. P. SZEGÖ, *Mathematical System Theory and Economics*, Lecture Notes in Operations Research, Vol. 11-12, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1968.

8 L. DIXON and G. P. SZEGÖ (eds.), *Towards Global Optimization*, II, North-Holland, Amsterdam, 1978.

9 D. CASS and K. SHELL (eds.), *The Hamiltonian Approach to Dynamic Economics*, Academic Press, New York and London, 1967.

10 R. BELLMAN, *Dynamic Programming*, Mc Graw Hill, New York, 1960.

11 R. MERTON, *An Intertemporal Capital Asset Pricing Model*, in Econometrica, Sept. 1973.

12 N. P. BHATIA and G. P. SZEGÖ, *Stability Theory of Dynamical Systems*, Grundlehren der Mathematisches Wissenschaften, Vol. 104, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1970.

13 H. W. KUHN and G. P. SZEGÖ (eds.), *Differential Games and Their Applications*, North-Holland, Amsterdam, 1971.

14 L. DIXON and G. P. SZEGÖ (eds.), *Towards Global Optimization*, North-Holland, Amsterdam, 1975.

15 R. THOM, *Structural Stability and Morphogenesis*, W. A. Benjamin, Reading (Mass.), 1975.

16 G. GAMBARELLI and G. ZAMBRUNO, *An Analytical Reformulation of the Shapley Value of a Game*, Tech. Rept. Institute of Mathematics, University of Bergamo, 1978.

17 J. J. MOSER, *Stable and Random Motions in Dynamical Systems*, Princeton Univ. Press., Princeton, 1973.

18 G. NICOLIS and I. PRIGOGINE, *Self-organization in Non-equilibrium Systems*, Wiley, New York, 1977.

19 A. CELLINA, *Metodi costruttivi nella teoria del punto fisso*, Convegno sulle "Applicazioni del Teorema del punto fisso all'analisi economica", Centro Linceo interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro Applicazioni, Roma, 1978.

JUST PUBLISHED

INDEX GENERALIS 1907-1975

to

SCIENTIA

International Review of Scientific Synthesis

Presented by Professor Giuseppe Montalenti of the Institute of Genetics, Faculty of Sciences, University of Rome.

The Index Generalis consists of a volume of 100 pages. It catalogues more than 3,500 contributions by scientists from the world over published by Scientia over a period of 70 years; it is virtually a history of scientific thought from the beginning of the century up the present time.

The rules adopted in drawing up the Index are explained in a Legend at the beginning of the work.

Data processing was carried out by the CNUCE, Institute of the CNR.

Price of the volume: Europe Lit. 4.000, other Countries $6.00

Orders can be applied to:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Theoretical and Experimental Aspects of Thermonuclear Fusion by Magnetic Confinement

Scientific synthesis of the International Course on "Theory of Magnetically Confined Plasmas" held by the International School of Plasma Physics of Milano on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Varenna, 1st - 16th September 1977

ROBERTO POZZOLI and ELIO SINDONI
Università degli Studi di Milano
Laboratorio di Fisica del Plasma, Associazione CNR / EURATOM, Milano

I INTRODUCTION

The paceful use of nuclear fusion appears to be one of the most ambitious project that science is pursuing during the second half of our century. Fusion power would provide a lasting solution to the increasing need for energy by our planet inhabitants which are being seriously worried by the limited supply of coal and oil and by the pollution resulting from their use. Compared with power from nuclear fission, already in operation at an economical level, fusion power would be safer and would have an abundant and cheap supply of fuel easily accessible in the water in form of deuterium. The main radioactive products would be the tritium, which is handled locally and returned to the system to be burned, and the structures around the reactor which could become activated under neutron bombardment. The problem requires a very careful project of the reactor, but it could be solved in such a way that no danger of dispersion of radioactivity outside the plant should occur.

The basic process of nuclear fusion is well known. If two light atomic nuclei are brought together with enough kinetic energy of relative motion to overcome the repelling Coulomb energy, they fuse yielding a heavier nucleus and one other particle (a proton or a neutron, depending on the reaction); the kinetic energy of the reaction products turns out to be much more larger (by two order of magnitude) that the kinetic energy of the reacting nuclei. For example, one of the possible fusion reactions (the easiest to obtain) involves two isotopes of hydrogen: tritium (T) and deuterium (D), which yield an helium-4 nucleus (alfa particle) and a neutron; it writes:

$$T + D \rightarrow {}^4\mathrm{He}\ (3.52\ \mathrm{MeV}) + n\ (14.06\ \mathrm{MeV})$$

Therefore, for a fusion reactor, it is necessary (but, as we shall see, not sufficient) to heat a mixture of tritium and deuterium to a sufficiently

high temperature so that fusion reactions can occur. The minimum ignition temperature, defined as the temperature at which the energy released by the fusion reactions equals the energy lost by radiation from the plasma, turns out to be about 5 KeV (1 eV $\simeq$ 11,600 °K) for the mixture $D - T$.
At such temperatures atoms are splitted in free electrons and bare atomic nuclei, or positively charged ions; the matter exhibits a behaviour basically different from that of a solid, a liquid and a gas. This 'fourth state of matter' is called plasma. The transition from a neutral gas to a plasma actually occurs at temperatures of about 10 eV, well behind the ones required for fusion reactions.

The 99.9 percent of the apparent universe exists in a plasma state. Here on Earth, apart from atmospheric lightning, neutral plasma does not exist, as the low temperature and high density of the earth and its near atmosphere preclude the existence of plasma. However, in the upper atmosphere (ionosphere), plasma does exist, created by photoionization. Farther out from the earth, we find plasma trapped in the earth's magnetic field. Some plasma is also streaming toward the earth from the sun (the solar wind). Plasma moreover fills many regions of interstellar space.
The central problem of nuclear fusion is to heat a plasma of light nuclei to the ignition temperature and to confine it for a time long enough for self sustained nuclear reactions to take place. Inside stars, plasmas of hydrogen and other light elements, are heated and confined by gravitational pressure. In thermonuclear explosions hydrogen isotopes are heated by a fission explosive, while the resulting plasma is confined by its own inertia, i.e. by the time required to move material outside the reacting region.

The original approach to controlled thermonuclear fusion requires magnetic configurations to confine a $D - T$ plasma. Laser fusion reintroduces the inertial confinement technique by exploiting lasers to heat plasmas with short pulses of light at extremely high power density.
The history of nuclear fusion begins in 1952, when the explosive energy yield of fusion was demonstrated. Classified researches for the development of a fusion reactor start at this time, in U.S., URSS, Great Britain, France and other countries. By 1958 the difficulties of the heating and confinement problem become obvious and the countries engaged in this research decide to pool their knowledge for mutual benefit (*Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy*, Geneva).

The present aim of fusion researches is the scientific feasibility of a fusion reactor. The main difficulties come from the intrinsic nature of thermonuclear plasma, which always seems to react elusively to the different

attempts made to confine and heat it. Before looking inside the fusion problem, we shall give some concise informations about the plasma state.

II THE PLASMA STATE

The main characteristic of the plasma state is that, due to the e.m. nature of the interactions, every particle interacts at the same time with all plasma particles. The description of particle motion in the e.m. fields produced by all the particles of the system is contained in the fundamental equations of classical electrodynamics. From this point of view plasma physics presents itself as a N-body problem in its wildest form. However, in spite of this unsolvable complexity, it is possible to make a conceptual schematization of plasma dynamics. We observe that the e.s. field produced by a charged particle in a plasma is partially screened by the presence of the other charged particles. For example, the electrostatic potential Φ, produced by one electron in a plasma, is exponentially decreasing with the distance r from the electron, following the expression:

$$\Phi = \frac{e}{r} \exp\left(-r/\lambda_D\right)$$

where the characteristic length λ_D (Debye length) is given by

$$\lambda_D = (kT/8\pi ne^2)^{1/2};$$

here n and T are the number density and temperature of the electrons, and k is the Boltzmann's constant.
In a plasma the fluctuating electric fields due to the thermal motion of particles are screened on a distance of the order of λ_D. Therefore, fields due to ordered motions shall have typical wavelengths larger than λ_D.

For these reasons, a particle in a plasma may be considered to interact with the particles contained in a surrounding sphere of radius λ_D (Debye sphere), through fluctuating fields, and with 'smooth' collective fields produced by ordered particle motions. The former interactions consist of multiple, elastic, Coulomb collisions with the particles in the Debye sphere; the latter interactions are peculiar of the plasma. The Debye length represents a lower size limit for the 'fine-grainedness' of collective phenomena in plasmas. As a consequence, a collection of charged particles shall exhibit a typical plasma behaviour only if its linear dimensions are larger than λ_D. The screening, on the other hand, can be effective only if the number of particles in the Debye sphere is very large, i.e. $n\lambda_D^3 \gg 1$. The parameter $n\lambda_D^3$ represents the relative weight of collective processes with respect to the collisional ones and, in this sense, may be considered a measure of the plasma-like behaviour of the system. As an example, typical values of density, temperature, Debye length and $n\lambda_D^3$ for some natural and laboratory plasmas are shown in Table 1.

TABLE 1

Type of plasma	n (cm^{-3})	T_e (eV)	λ_D (cm)	$n\lambda_D^3$
Thermonuclear	10^{14}	2×10^4	7.4×10^{-3}	4.1×10^7
Tokamak	10^{14}	5000	3.7×10^{-3}	5.1×10^6
Laser	10^{22}	10^4	5.3×10^{-7}	1400
Stellarator	10^{13}	500	3.7×10^{-3}	5.1×10^5
Radiation belt	1000	4	33	3.7×10^7
Solar corona	10^8	100	0.53	1.4×10^7
Interstellar medium	0.03	1	3000	8.4×10^8
Photosphere	10^{15}	0.5	1.2×10^{-5}	1.6
Cosmic rays	10^{-7}	10^9	5.3×10^{10}	1.4×10^{25}
Pulsars	10^{10}	10^9	170	4.6×10^{16}

Plasmas have a very strong tendency to maintain charge neutrality: in fact a small deviation from it results in strong electric fields which act on charged particles driving their motion to reconstruct neutrality. In this way oscillatory motions of electrons around their equilibrium positions are excited (plasma oscillations) with characteristic frequency (plasma frequency):

$$\omega_p = \left(\frac{4\pi e^2 n}{m_e}\right)^{1/2}.$$

The electrostatic fields produced by these oscillations propagate in the plasma because of the electron pressure (Langmuir waves). In presence of a magnetic field other characteristic frequencies (cyclotron frequencies) exist, which pertain to the gyration of charged particles around the magnetic field lines. For a particle with charge q_j and mass m_j the cyclotron frequency is $\Omega_j = |q_j|B/m_j c$ where B is the magnetic field and c the light velocity in vacuo.

Positive and negative charged particles gyrate in opposite directions; their gyration radius (Larmor radius) is given by $r = v_\perp/\Omega_j$, where $v_\perp$ is the component of particle velocity perpendicular to the magnetic field. The average Larmor radius for particles of the species j will be

$$r_j = (2kT_j/m_j)^{1/2}/\Omega_j.$$

Note that the electron cyclotron frequency is much larger than ion cyclotron frequencies owing to the smallness of electron mass with respect to ion masses.

The above mentioned schematization of particle interactions in a plasma leads to a more accessible description of its dynamics. In fact, the large value of $n\lambda_D^3$ allows us to succeed in using the well-known statistical

methods for the single particle motion equations, concentrating the informations relevant to the dynamics of the system in the velocity distribution functions of the different species j: f_j (**v**, **x**, t) (recall that f_j $d\mathbf{x}d\mathbf{v}$ represents the number of particle of species j with position in the interval **x**, **x** + d**x** and velocity in the interval **v**, **v** + d**v** at the time t).
For the species j the following equation is obtained:

$$\frac{df_j}{dt} = \frac{\partial f_j}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f_j}{\partial \mathbf{x}} + \left(q_j/m_j\right)\left(\mathbf{E} + \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{B}}{c}\right) \cdot \frac{\partial f_j}{\partial \mathbf{v}} = \left(\frac{\delta f_j}{\delta t}\right)_c \quad (1)$$

where the term $(\delta f_j/\delta t)_c$ represents the effect of Coulomb collisions, while the l.h.s. represents the total derivative of f_j with respect to time, i.e. the rate computed along the particle trajectories in phase space, and contains collective effects. In fact the fields **E** and **B** in the force term are connected to all distributions f_j through Maxwell equations where the source terms (i.e. the charge density ρ and the current density **J**) are given by the following relations:

$$\rho = \Sigma_j \, q_j \int f_j \, dv$$
$$J = \Sigma_j \, q_j \int v f_j \, dv$$

where the sum is extended over all species. Boundary conditions, taking into account external sources, must be associated to Maxwell equations. To investigate collective processes, occurring on a scale time faster than collisional, we can neglect the time variation of f_j due to collisions (this approximation gets better at increasing temperatures): in this case the kinetic equation (1) becomes $df_j/dt = 0$ (Vlasov equation).
Thus a plasma can be thought as a mixture of particles and e.m. waves which are associated to collective motions. These represent different 'degrees of freedom' of the whole plasma and determine the dispersive properties of the medium, i.e. the characteristics of e.m. waves that can propagate in it. Some of these 'modes', like plasma oscillations, can be easily interpreted by means of features of single particle motions; other arise from particular plasma configurations, and can not be accounted for by any schematization. The modes of plasma motions, and the corresponding e.m. waves, constitute an ensemble which, for a plasma confined by a magnetic field, becomes very crowded.

In a uniform plasma, in absence of external magnetic field, three different types of waves can propagate:
1) E.m. waves, which can propagate with a frequency ω larger than the electron plasma frequency ω_p. Behind that frequency the wave is 'evanescent', i.e., it loses its space periodicity, and becomes exponentially decaying: the plasma refractive index n becomes immaginary passing through zero for $\omega = \omega_p$. This is called a 'cut-off'. An e.m. wave which is launched in a non uniform plasma is reflected by a 'cut-off'. The typical phase ve-

locity of these waves, far from the 'cut-off' point, is the velocity of light in vacuo.

2) Plasma electrostatic waves, already mentioned, with a typical frequency $\omega = \omega_p$. They are longitudinal i.e. with the direction of propagation parallel to the electric field (while e.m. waves are transverse). Typical phase velocities are larger than the electron thermal velocity.

3) Ion-acoustic waves. It is well known that in an ideal gas sound waves are dispersionless, longitudinal waves that propagate with phase velocity $v_s = \left(\frac{\gamma kT}{m}\right)^{1/2}$, where γ is the usual ratio between the specific heats, and m is the molecular mass. The propagation is due to collisions. In a plasma, low frequency acoustic or ion-acoustic waves also propagate, by a mechanism in which the charge separation electric field provides the coupling between electrons and ions. These waves propagate with a phase velocity $c_s = (kT_e/m_i)^{1/2}$, intermediate between ion and electron thermal velocities. Typical frequency is $\omega_{pi} = (4\pi e^2 nZ/m_i)^{1/2}$ where Z is the ion charge.

The presence of a magnetic field modifies the wave propagation introducing a coupling between particle motions perpendicular and parallel to the magnetic field. The waves are no more purely longitudinal or transverse but exihibit 'mixed' features. There are six principal propagation modes: two modes (fast and slow) that result from the electromagnetic mode modified by the magnetic field; Langmuir and ion-acoustic waves are similarly modified by the magnetic field; in addition there are two new modes of propagation, Alfven waves, which are essentially transverse with typical frequencies smaller than the ion cyclotron frequency. When a magnetic field is present, a wave can exhibit a resonance. This occurs when the phase velocity vanishes. In the resonance region, absorption, reflexion or mode conversion can occur. Typical resonance frequency are the cyclotron frequency and the so called hybrid frequencies (lower and upper) given by the following relations:

$$\omega_{lh} = \omega_{pi}\,\Omega_e\left(\Omega_e^2 + \omega_{pe}^2\right)^{-1/2}$$
$$\omega_{uh} = \left(\Omega_e^2 + \omega_{pe}^2\right)^{1/2}$$

For a given value of plasma density and magnetic field these resonance frequencies are ordered as follows: $\Omega_i < \omega_{lh} < \Omega_e < \omega_{uh}$.

When the plasma is non uniform the propagation of waves becomes more complex and new types of collective modes arise (drift modes). When temperature is increased in a confined plasma, collisional effects decrease and particles can follow more and more exotic paths leading to collective modes that depend on the whole plasma configuration.

Plasma motions slower than the gyration periods of the particles and with characteristic length larger than the ion Larmor radius are of particular importance. With respect to them, the plasma behaves as a neutral conducting fluid characterized by few macroscopic variables: mass den-

sity, average velocity, current density, temperature. Its description is more simpler than the kinetic one, the relevant (magnetohydrodynamic) equations being obtained from (1) by suitable approximations. An important feature of M.H.D. motion is the 'freezing' in the plasma of magnetic field lines: that is, because of the very high plasma conductivity, magnetic field lines are carried along by the fluid motion.

Another schematization of plasma dynamics turns out to be useful: with respect to MHD motions the magnetic field behaves like a fluid with isotropic 'magnetic pressure', and the field lines act as elastic chords characterized by a parallel tension.
Plasma equilibrium will be determined by the balance, on its surface, between the pressure due to the external magnetic field and the sum of internal magnetic and plasma pressures.
Physical situations occur where some collective modes can be excited in a plasma, and their amplitude increase in time. These modes are called unstable. Instabilities are endemic in a confined plasma and represent the most common way of relaxation towards equilibrium. Conditions favorable for instabilities depend on the presence of energy reservoirs in the plasma, which can feed ordered particle motions.

Plasma instabilities can be grouped in two classes: macroscopic instabilities, pertaining to plasma motion in physical space, and microscopic instabilities that depend on the shape of the particle distribution functions. The former, described by MHD equations, involve large scale motions of the plasma which tend to destroy its initial configuration; some of them are similar to the hydrodynamic instability that develops when a dense fluid is superimposed on one of lower density in a downward gravitational field. Microscopic instabilities, described by kinetic equations, refer to fluctuations in density and electric field within the plasma and can lead to transport of particles and energy across the magnetic field at a higher rate than would be expected from the effects of classical particle collisions alone. The elementary mechanism that determines the development of microscopic perturbations is the resonant, collisionless interaction between wave and particle in the plasma: in this frame the growing damping of the wave energy may be interpreted as due to the sum of elementary acts of emission and absorption by resonant particles. In a plasma without magnetic field the resonance conditions writes: $\omega = \mathbf{k} \cdot \mathbf{v}$; i.e. the phase velocity of the wave has to be equal to the component of the particle velocity $\mathbf{v}$ in the direction of the wave vector $\mathbf{k}$. When a magnetic field is present, the resonance condition is modified by the gyration motion of the particles. It writes:

$$\omega = k_{||} v_{||} + n\Omega \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$$

where the index || refers to the component parallel to the magnetic field.

Plasma can also loose energy by direct emission of radiation. In a plasma the emission of radiation is mainly due to two mechanisms: *Bremsstrahlung* emitted by electrons during the collisions with ions, and cyclotron radiation caused by the electron gyration in presence of a magnetic field. For a thermonuclear plasma *Bremsstrahlung* is in the X-rays range and its energy is completely lost by the plasma. Cyclotron radiation is in the microwave range and can be mostly reflected by metallic structures surrounding the plasma recycling its energy into the plasma. This is a very favourable circumstance because, in absence of reflection, cyclotron emission would be higher than *Bremsstrahlung* emission and would constitute a very serious problem to fusion feasibility.

III THE THERMONUCLEAR PLASMA

Let us consider now the requirements that must be met in order to produce in a plasma controlled, self-sustained nuclear reactions.
To obtain a net energy gain from fusion reactions in a plasma, at a temperature higher than ignition temperature, it is necessary that during the containment time the released fusion energy should at least equal the sum of the energy lost by radiation plus the energy needed to raise the thermal plasma energy to the considered temperature. This condition writes:

$$\tau P_W > 3nkT + \tau P_r \qquad (2)$$

where P_W is the power from fusion reactions which remains into the plasma (for the $D - T$ system only the energy of α particles confined inside the plasma has to be considered), and P_r is the power lost by emission of radiation. The time τ is called energy confinement time. By making use of the known expressions for P_W and P_r the condition (2) may be written in the following form:

$$n\tau > f(T) \qquad (3)$$

where $f(T)$ is a function of the plasma temperature T alone. The expression (3) represents, in a simplified form, the fusion criterion formulated by J.D. Lawson (1957). The function $f(T)$ for a $D - T$ plasma is shown in Fig. 1. The fusion condition is verified above the plotted curve. For a $D - T$ plasma at a temperature of $10 \div 20$ KeV the Lawson criterion is simply

$$n\tau > 2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3} \text{ s}.$$

This condition can be approached by different ways. The values of n and τ required by Lawson criterion will depend on the confinement method which is used. In magnetic confinement configurations, for instance, the values $n \sim 10^{14}$ cm^{-3} and $\tau \sim 1$s seem to be appropriate; while in inertial confinement systems the researches point at $n \sim 10^{26}$ cm^{-3}, $\tau \sim 10^{-12}$s.

Since we will consider magnetic confinement systems in some details, we outline here the basic concepts underlying this method.
The minimum requirement that a magnetic configuration must satisfy is the confinement of a single particle. In the magnetic field produced by a solenoid which is largely extended in the direction of its axis a charged particle is confined perpendicularly to the magnetic field, but can escape from the system in the direction of the axis. Following the intuition we could think that, if the solenoid is bent over itself, so that a closed toroidal configuration is obtained, the particle would be completely confined by the magnetic field. Unfortunately this is not the case because the resulting magnetic field turns out to be non uniform: its strength decreases for increasing distance from the symmetry axis of the configuration. In this situation the particle exhibits drift motion parallel to the symmetry axis: in other words the particle while executing circular motion around the field lines and parallel motion along them, moves slowly in vertical direction and escapes in this way from the magnetic configuration. Opposite charged particles drift in opposite directions (see Fig. 2). We can introduce the 'guiding center' of the particle, i.e., the point with respect to which the particle performs a gyration motion with frequency Ω. The trajectory of the guiding center on a cross section of the torus will be, in this case, a single vertical line.

In order to confine a single particle the field lines can not be simple circles but must be twisted helically around the center of the cross section, winding toroidal surfaces (magnetic surfaces). In this situation the drift motion is compensated during the motion of the particle along the field line, and the particle is confined. On a cross section the guiding centre trajectory is a closed line. It may have two different shapes: a circle, for particles that continuously circulate in toroidal direction (circulating particles); and a 'banana' for particles that in the toroidal direction reverse periodically their motions (trapped particles) (see Fig. 3). The difference between these two types of paths may be understood if we realize that in its motion along a field line a particle behaves like a magnetic dipole. Following a magnetic line of force that, due to the above mentioned twist, approaches the symmetry axis, the particle experiences an increasing magnetic field, that push it back towards lower field regions. If the particle velocity parallel to the magnetic field is sufficiently high the particle overcomes the point of maximum field and becomes circulating. If the parallel velocity is not so high the particle finds a turning point and comes back to lower field regions, reversing its parallel velocity (trapped particle).

The helically winding of field lines is technically expressed by saying that the configuration has a 'rotational transform'. Referring to a given cross section of the torus, and following a line of force, the rotational transform ι is the angle of rotation around the center of the cross section, related to two consecutive crossing of the cross section by the line of

force (see Fig. 4). A toroidal magnetic confinement configuration consists of nested toroidal surfaces. Each magnetic surface is characterized by a value of the rotational transform (see Fig. 5). These magnetic configurations can be obtained from the simple configuration made by a solenoid bent on itself by two different methods:

1) Introducing a toroidal current in the plasma column. This configuration is axisymmetrical. The device that uses this type of configuration is called tokamak, and was ideated by L.A. Artsimovich at the Kurchatov Institute in Moscow in the 50's.

2) Producing a rotational transform by a current flowing in helical windings external to the plasma. This configuration is not axisymmetrical. The device associated to this configuration is called Stellarator, and was ideated by L. Spitzer jr. at the Plasma Physics Laboratory in Princeton in the same 50's.

We will consider the former type of configuration, that attracts most of the present fusion researches.

IV THE TOKAMAK

In a tokamak device the plasma current is produced, through a driving external power supply, by a fast magnetic flux swing in the region inside the plasma ring. The tokamak can be considered as a single pulse transformer where the plasma ring is the single turn secondary winding. The basic elements of a tokamak confinement scheme are the following: a toroidal stainless steel vacuum chamber, a set of external coils producing a toroidal magnetic field, air-core or iron-core transformer windings used to induce the plasma current (figg. 6 and 7). The chamber is evacuated at a pressure of the order of 10^{-7} torr. Then a low pressure (10^{-4} — 10^{-5} torr) filling gas is injected. In order to prevent the plasma from reaching the chamber walls, a metal diaphragm (limiter) is inserted which bounds the transverse section of the plasma; thus the limiter is the only region where a plasma-wall interaction is possible.

Obviously, confining a plasma in a tokamak configuration requires something more than the confinement of a single particle. Magneto hydrodynamic equilibrium and stability must also be verified.

The presence of a toroidal magnetic field alone can not determine plasma equilibrium; in fact, due to the presence of magnetic field inhomogeneities the plasma ring tends to expand in every direction. In particular the combined effect of the electric field originating by charge separation due to the vertical drift motion of particles and of the toroidal magnetic field results in a global horizontal shift of the plasma ring ($\mathbf{E} \times \mathbf{B}$).

Equilibrium becomes possible in presence of a toroidal current. Actually, due to the interaction between this current and the poloidal magnetic field generated by the current itself (see Fig. 6) a compression along the minor

radius arises, preventing plasma expansion in that direction. The same type of force is responsible for the attraction between two parallel current-carrying wires if the currents are in the same direction. An outward expansion of the major radius of the plasma ring is the net result of three different effects: the electrodynamic expansion force (this effect is similar to the expansion of a current carrying flexible wire); the expansion force due to the plasma pressure, the force due to the magnetic pressure and to the tension of the lines of force, whose effect is a contraction of the ring. The tendency of the plasma column to move outward along the major radius R may be balanced by adding a vertical magnetic field, produced by external windings, which pushes the plasma towards the center of the torus. A thick copper shell just outside the vacuum chamber is sometimes used to assist in stabilizing the plasma position during the earlier stage of the discharge (see Fig. 7). The copper shell reacts to the plasma column displacements with a repulsive force produced by eddy currents, which are induced in the shell by the plasma displacement itself. In other words, when the plasma column shifts outward, the poloidal magnetic field is compressed in the space between the plasma and the copper shell and, due to the magnetic pressure increase, the plasma is pushed back towards the center of the chamber. Therefore hydromagnetic equilibrium can be achieved in a tokamak configuration through external devices.

The next problem is to check the stability of this equilibrium: among the instabilities that can arise, we will mention only the most dangerous one, assuming, for semplicity, cylindrical configuration. Let us consider an unlimited plasma column carrying a current along its axial direction. The magnetic field produced by the current itself can provide equilibrium for the column; however this equilibrium turns out to be unstable: actually any small kink in the column will grow rapidily, because the magnetic pressure is stronger on the concave side of the kink (where the lines of force are crowded together) than on the convex side. This instability indicated as 'kink' (see Fig. 8) can be stabilized by the presence of an axial magnetic field. In this case, when a kink arises it tends to bend the internal lines of force, and their tension will push the kink back.

The same kind of instability is present in a toroidal configuration where the kink instability can be driven by the poloidal field and is stabilized by the toroidal field in the plasma. For this reason, above a limit value for the ratio B_p/B_T the plasma becomes unstable. The stability condition can be written:

$$B_T/B_p > q_0 R_0/a \tag{4}$$

(Kruskal-Shafranov condition), where a is the plasma minor radius, R_0 is the major radius (see Fig. 9) and q_0, called 'safety factor', has a typical value 2.5-3. Since the poloidal magnetic field is proportional to the plasma current, the Kruskal-Shafranov condition gives a limit for the maximum plasma current in a tokamak. In fact, putting $B_p = 2I/ca$, where I is the plasma current, the Kruskal-Shafranov condition becomes

$$I < ca^2 B_T/2q_0 R_0 \ . \tag{5}$$

The Kruskal-Shafranov condition can also be interpreted introducing a parameter $q(r)$, which refers to the magnetic surface with radius r and is defined as:

$$q(r) = (r/R_0)(B_T/B_p)_r$$

where the notation $(\ )_r$ means that the ratio B_T/B_p, which depends only on r, is taken on the magnetic surface having radius r. The relation between $q(r)$ and the rotational transform $\iota(r)$ is simply given by: $q(r) = 2\pi/\iota(r)$; therefore for a given magnetic surface, $q(r)$ represents the number of times a field line circles the major axis in circling once around the minor axis. The expression (4) can be written $q(a) > q_0$.

We can also say that the plasma column becomes unstable when on a magnetic surface $q < 1$: that is in a single turn around the major axis the field lines circle more than once around the minor axis; this is prevented by the condition $q(a) > q_0$.

A macroscopically stable tokamak can exhibit microscopic instabilities. A direct observation of these instabilities is difficult; some experimental information can be drawn by measuring energy and particles transport in the plasma. We will only mention some processes which can be strongly affected when microscopic instabilities are present.

1) Particles diffusion and heat transport across the magnetic field are generally enhanced when microinstabilities are present: the effect is a reduction of plasma confinement time.

2) The fast current penetration within the plasma during the early stage of the discharge and the resulting heating of the center of the column can be regarded as a favorable effect produced by drift instabilities.

3) Some instability mechanism can allow a fast thermalization of the kinetic energy of particle beams injected into the plasma.

Finally we should mention some non simple problems related to the presence of unwanted ions inside the plasma. These impurities, coming from walls of the metallic vacuum chamber, produce a strong cooling of the plasma and can hinder the present tokamak performances.

Let us suppose that we have obtained a stable configuration lasting enough to satisfy the Lawson criterion. The next step is to increase the plasma temperature in order to get the ignition condition.

In present tokamak experiments, the principal source of power input to the plasma is the ohmic heating from the plasma current. Therefore in a tokamak the toroidal current provides both confinement and heating. The 'classical' or collisional resistivity is associated to the transfer to ions, through collisions, of the momentum given to electrons by the electric field. Resistivity decreases strongly with increasing electron temperature. The thermal power produced by the current flowing in the plasma column is proportional to the resistivity and to the square of current density. Since the current density is limited by the Kruskal-Shafranov stability criterion, if the resistivity is purely collisional the power input associated

to ohmic heating decreases strongly by increasing plasma temperature. Therefore additional heating methods should be employed to improve plasma temperature. A simple alteration of plasma resistivity would be a possible method from the theoretical point of view, but it still needs to be explored. In fact, when some kind of microinstabilities are excited, a resonant momentum transfer from electrons to waves and from waves to ions can be present. In this way the resistivity increases strongly above its normal (collisional) value (anomalous resistivity) These instabilities can be excited by a strong toroidal plasma current: therefore the onset of an anomalous resistivity is related to the possibility of working at current intensities below the Kruskal-Shafranov limit but large enough to excite such instabilities. The possibility to excite anomalous resistivity by suitable e.m. waves is also to be explored.

Let us discuss now the supplementary heating of a tokamak plasma: we shall only mention the two heating methods which are most extensively applied in present devices: the radiofrequency heating and the neutral particles injection.

The first system consists in energy transfer to the plasma from an external r.f. power source. The main problems can be summarized as follows: it is first necessary to select the frequencies at which the plasma is able to absorb energy; the most suitable r.f. power plasma coupling system should be then studied; a check is also necessary on the availability of high power sources in the range of the wanted frequencies. Some complex phenomena as Landau and cyclotron damping and non-linear effects are involved in energy absorption by the plasma. Absorption can occur at frequencies corresponding to some characteristic plasma resonances as the ion and the electron cyclotron resonances or the upper and lower hybrid resonances. Due to the electron density and toroidal magnetic field radial inhomogenity, frequencies can be found for which some resonance is located in the interior of the plasma ring. It is also necessary to verify the accessibility of the resonance region, that is to check if the wave can propagate to the resonance without crossing evanescence regions (cut-off). Wave-plasma coupling is a problem strictly related to accessibility. For wavelengths below few centimeters, waves can be launched into the plasma by suitable antennas (microwave horns), while longer wavelengths require some special devices called 'slow wave structures'. The thermalization of the absorbed power is also a crucial problem: absorption can result in an increase of plasma temperature or in the generation of a tail of high energy particles. Finally, the availability of high power sources has to be taken into account in r.f. heating problems. High power tubes for frequencies in the region of the ions resonances have been developped since long time; the production of higher frequencies sources, corresponding to electron resonances, is in progress now. Heating of the body of the plasma has been found in several r.f. experiments, but in some results a tendency to surface heating has been also observed. In conclusion, we may say that we are

close to the solution of the problems of accessibility and source availability, but the understanding of absorption phenomena is a still open problem.

Up to now, the best results in tokamak supplementary heating experiments have been obtained by means of the injection of high energy neutrals. As their trajectories are not affected by the confinement magnetic fields, neutral particles can penetrate the plasma giving energy by collisions to ions and to electrons. The main problems to be considered are the following:

1) the realization of an high intensity and good collimation ion source and of a neutralization device for the ions;

2) the study of the neutral beam energy absorption by plasma ions and electrons;

3) the study of the instabilities excited during the process and of their effect on plasma confinement.

The realization of the sources is the real problem in neutral injection heating: up to now 1 MWatts, 40 KeV sources are available, while the next generation of tokamaks requires energies in the range 100 KeV- 1 MeV. Remarkable results have been obtained at Oak Ridge (USA), Culham (UK) and Fontenay aux Roses (France): as a result of neutral injection, ion temperature was doubled along the whole plasma radial profile, while the electron temperature behaviour is not yet understood.

V TOKAMAK DIAGNOSTIC

The measure of the main parameters of a hot plasma is a problem which deserves a particular attention.

We should first mention that the quantity and quality of data on existing tokamaks is very rarely enough to allow a detailed comparison with the theory. Plasma measurements required the development of new techniques, which have been studied for many years. Nevertheless they are often inaccurate and it is a good general principle to measure every parameter by at least two different methods. The measurement of some macroscopic properties is relatively straightforward: the plasma current, the position of the center of the plasma ring, the whole energy balance are very useful information concerning the reproducibility of the discharge. The total plasma current is measured by a 'Rogowski' coil; this is a multiturn solenoid completely encircling the current which is to be measured. During the discharge the plasma current, induced by the transformer, increases from zero to a '*plateau*' region and then decays. This transient current, $I(t)$, generates a poloidal magnetic field threading the turns of the coil and inducing a voltage which can be integrated with a simple RC circuit. From this voltage it is possible to deduce $I(t)$. By means of suitable coils it is also possible to measure the position of the centre of the current channel and the vertical magnetic field. The electrical conductivity

of the toroidal vacuum vessel is usually interrupted by an insulating section: by particular connections across this gap it is possible to measure the voltage drop within the plasma (loop voltage). The power input from ohmic heating is easily calculated from the discharge current and voltage. The plasma is a diamagnetic medium: this diamagnetic effect causes a plasma to exclude a small amount of magnetic flux, and this small change can be used to measure the transverse energy of the plasma. The 'diamagnetic coils' can provide this measurement. Plasma radiation loss is also measured by a macroscopic diagnostics: sensitive thermopile ar bolometer mounted on the vacuum chamber wall are usually employed. The absorbing surface of the bolometer should have a uniform sensitivity throughout the spectrum from the ultra-violet to the far infra-red. Sensivity threshold and time response are also important features of a bolometric device.

The detection of electromagnetic radiation scattered from a plasma and the measurement of the spectrum of the scattered radiation leads to the space and time resolved determination of the electron distribution function and in particular of the electron temperature $T_e\,(r, t)$ and density $n_e\,(r, t)$ and of their radial profiles. The measurement can be made with a negligible perturbation of the plasma itself. The frequency of the radiation sent on the plasma must be greater than the characteristic frequencies of the plasma: in this case the plasma refractive index is close to unity and refractive and absorption effects are negligible.

A laser or a millimetric microwave generator can be used as a radiation source. Based on the same principle, but with a more sophisticated device, is the measurement of the 'coherent scattering' of the laser beam, leading to the determination of density fluctuations in the plasma. In this case the total scattered power can not be obtained simply by adding up the independent contribution of each electron (incoherent scattering) but is affected by correlations between electrons. The electron temperature can be also continuously measured during the discharge by the analysis of the soft X-ray emission (maximum energy 50-100 KeV) produced by *Bremsstrahlung* and recombination. This measurement gives an information on the highest electron temperature in the sight line. The electron density (with its radial profile) is also measured by a microwave interferometer. The average value of the electron density is obtained by the phase shift of the microwave signal along the sight line inside the plasma. A crucial measurement for a thermonuclear plasma is the ion temperature, determined by the analysis of fast neutral atoms leaving the plasma. These originate in charge exchange collisions between plasma ions and neutral atoms inside the plasma and can easily leave the plasma, as they are not affected by electric and magnetic fields. On an external vacuum chamber neutral particles are then re-ionized and collected on a detector. If the system is calibrated, it is possible to obtain an estimate of the

higher ion temperature on the sight line. The method breaks down in high density and large radius machines, because fast neutrals from the center are re-ionized before they reach the wall. The ion temperature can be also checked using the neutron yield from fusion reactions in deuterium discharges. The utility of this method depends on discriminating between some other possible neutrons sources, as photo-neutron, and on the maintenance of a Maxwellian ion velocity distribution. The neutral density inside the plasma is calculated by measurements of the intensity of the H_α line, emitted by the plasma hydrogen atoms. Spectroscopy measurements can also provide information on the concentration of impurities. In tokamak plasmas not only ions of the filling gas are present but also ions of the elements of the wall and the limiter, produced by plasma-wall interaction with subsequent erosion. The presence of impurities not only affects the energy and mass balances, but influences also the density, temperature and current profiles and hence the properties of stability and transport of the plasma.

We still have no direct and convincing way of measuring the radial variation of the current density or, equivalently, the poloidal magnetic field. A promising method consists in measuring the trajectories of fast injected ions.

The scientific and technologic effort necessary to build up a 'portrait' of a thermonuclear plasma appears from the outlook of the diagnostics methods. A detailed knowledge of this 'portrait' is required in the planning of more advanced toroidal machines.

VI PROGRESS TOWARD FUSION

Remarkable steps have been done in the last years toward controlled thermonuclear fusion: ions temperature and $n\tau$ values have continuously improved from the first experiments, characterized by confinement time of the order of microseconds, to the present tokamaks. At present the more advanced laboratories in fusion researches are the following: The Princeton University Plasma Physics Laboratory (Princeton, USA); the Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, USA); the Kurchatov Institute of Atomic Energy (Moscow, USSR); the Institute of Plasma Physics of the Nagoya University (Nagoya, Japan) and the european laboratories of the Euratom associations at Fontenay-aux-Roses (France) Garching (FRG), Culham (U.K.) and Fascati (Italy).

Some important results on existing machines and the main expected results for the planned big tokamaks are summarized in Fig. 10 in terms of the key Lawson parameters $n\tau$ and plasma temperature. The top right region is the 'promised land' where Lawson criterion is satisfied.

Fig. 11 emphasizes the progresses in $n\tau$ and T_i since 1965. Obviously a plain extrapolation of the two lines is not justifiable; nevertheless further

progresses in the near future are expected and hopefully the feasibility of nuclear fusion should be demonstred by the end of this century.
The difficulties in the interpretation of the experimental data have been already mentioned. They result both from the peculiar behaviour of the plasma and the interference of external factors, which can not be introduced in the theoretical models. On the other hand, empirical laws (scaling laws) concerning the fundamental plasma parameters can be constructed from the data for ohmic-heated systems. Starting from this basis and from the theoretical previsions on thermonuclear plasmas, large dimensions tokamaks are going to be realized; they are expected to be in operation by the 80's. The goal of these machines will be to check the validity of the present scaling laws. As an example of a scaling law obtained by interpolation of experimental data from different machines, we mention the proportionality of the energy confinement time τ to the plasma density n. This law should be of considerable help to satisfy Lawson criterion.
The problems and the state of art of magnetically confined plasmas have been the subject of the *Course and Workshop on Theory of Magnetically Confined Plasmas* organized on September 1977 by the International School of Plasma Physics in the frame of the celebrations for the 150th anniversary of the death of Alessandro Volta. The Course and the Workshop were held at the Villa Monastero in Varenna. They aroused great interest particularly among theorists and have been attended by over 100 scientists coming from the main laboratories. Main topics were: MHD equilibrium and stability, anomalous transport, numerical simulation, and the comparison between theory and experiments. As a result of the discussion, some still open problems have been pointed out:
— the theoretical determination of the maximum plasma temperature compatible with M.H.D. equilibrium.
— The understanding of the electron thermal conductivity across the magnetic field lines. Its value, as given by experimental measurements, is about 40 times the value expected by theory.
— The understanding of the non linear evolution of the disruptive instability, which appears to be the principal factor in limiting plasma confinement.
— The understanding of the behaviour of impurities inside the plasma and how they affect stability and heating.
— Why are the scaling laws demonstrably incompatible with the basic plasma physics equations.
— The study of energy absorption of alpha particles produced in fusion reactions.
One more problem, pointed out during the Varenna workshop, was the need of more extensive measurements on existing machines. In particular a continuous development of better diagnostic is necessary to measure the poloidal magnetic field, the ion temperature and the plasma fluctuations. Development of auxiliary heating techniques, in particular neutral injection and r.f. heating, is also important, in connection with ap-

plication to large size tokamaks. The ultimate limits on ohmic heating in very high field tokamaks should be also tested.

In conclusion we would mention the impact of fusion researches on different fields in physics. Plasma physics, which had a fast growth in about twenty years, in the best example of a physical system whose internal dynamics may be theoretically entirely described in terms of classical laws but whose real behaviour can not be predicted at all. For istance, the non linear processes which occur in plasmas open a window on the entangled panorama of the non linear behaviour of matter interacting with radiation, and show deep and daring connections between classical and quantum phenomena, together with striking analogies with the behaviour of biological systems. It must be noticed that, in spite of the progress performed up to now, nuclear fusion is still a scientific problem: it is not yet possible to plan, even only conceptually, a working fusion reactor. This means that something basic is still eluding our investigation, in spite of the support given by physics and technology. Actually, on the present frontier of experimental machines, knowledges on superconductivity, neutronics, atomic physics, r.f. techniques, solid state physics etc. are going to be applied.
It is perhaps this continuous challenge the real attraction of nuclear fusion.

R. P. and E. S.

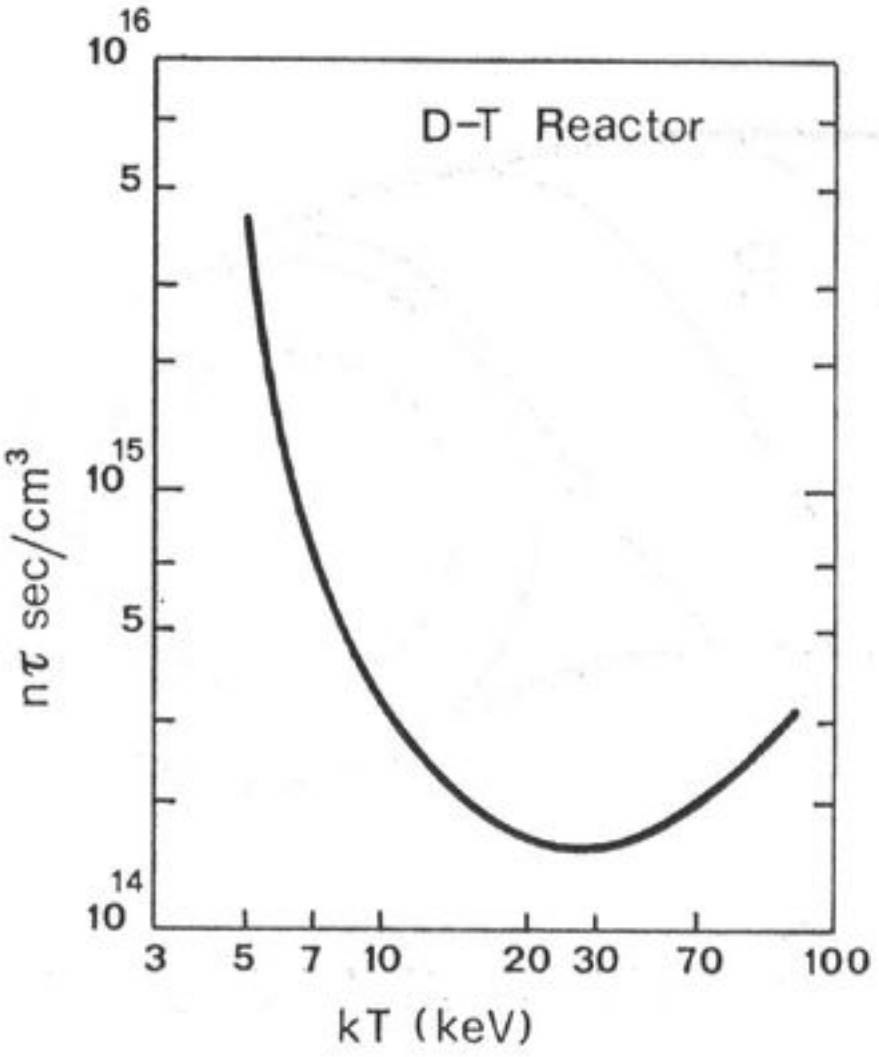


Fig. 1
Lawson criterion for a *D-T* reactor. The function $f(T)$, defined in Eq. (3), is plotted in the $(n\tau, T)$ plane. The fusion conditions are verified in the region above the curve.

Criterio di Lawson per un reattore D-T. *La curva nel piano* $(n\tau, T)$ *rappresenta la funzione* $f(T)$ *introdotta nella Eq. (3). La condizione di fusione è verificata nella regione del piano al di sopra della curva.*

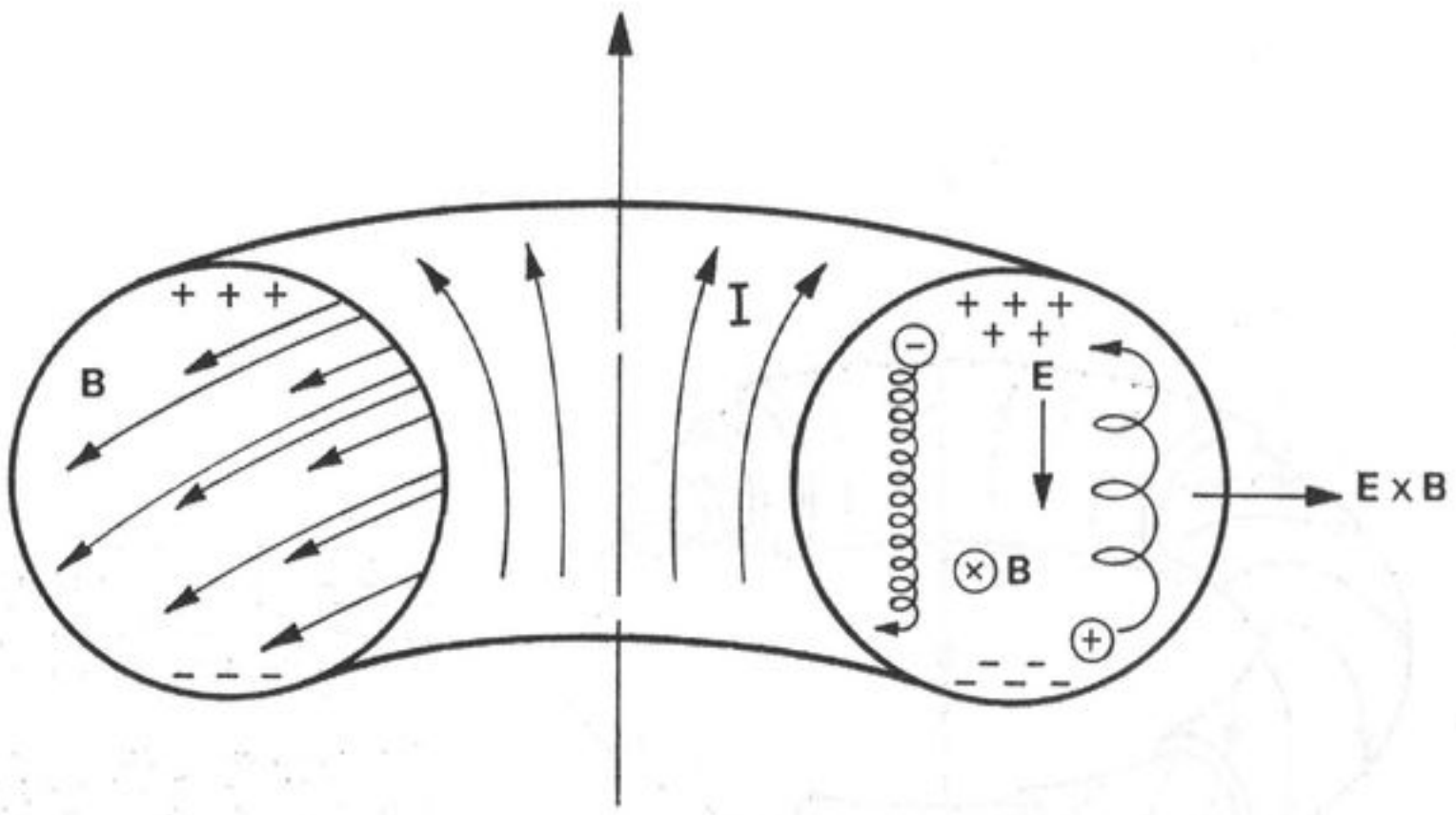


Fig. 2
Projection of particles trajectories on a transverse section of the torus in a magnetic configuration with a purely toroidal field. The magnetic lines of force and the direction of the current in the external coils are shown.

Proiezione del moto delle particelle in una sezione del toro in una configurazione magnetica con un campo puramente toroidale. Nella figura sono indicate le linee di forza del campo magnetico e la direzione della corrente passante nelle bobine esterne.

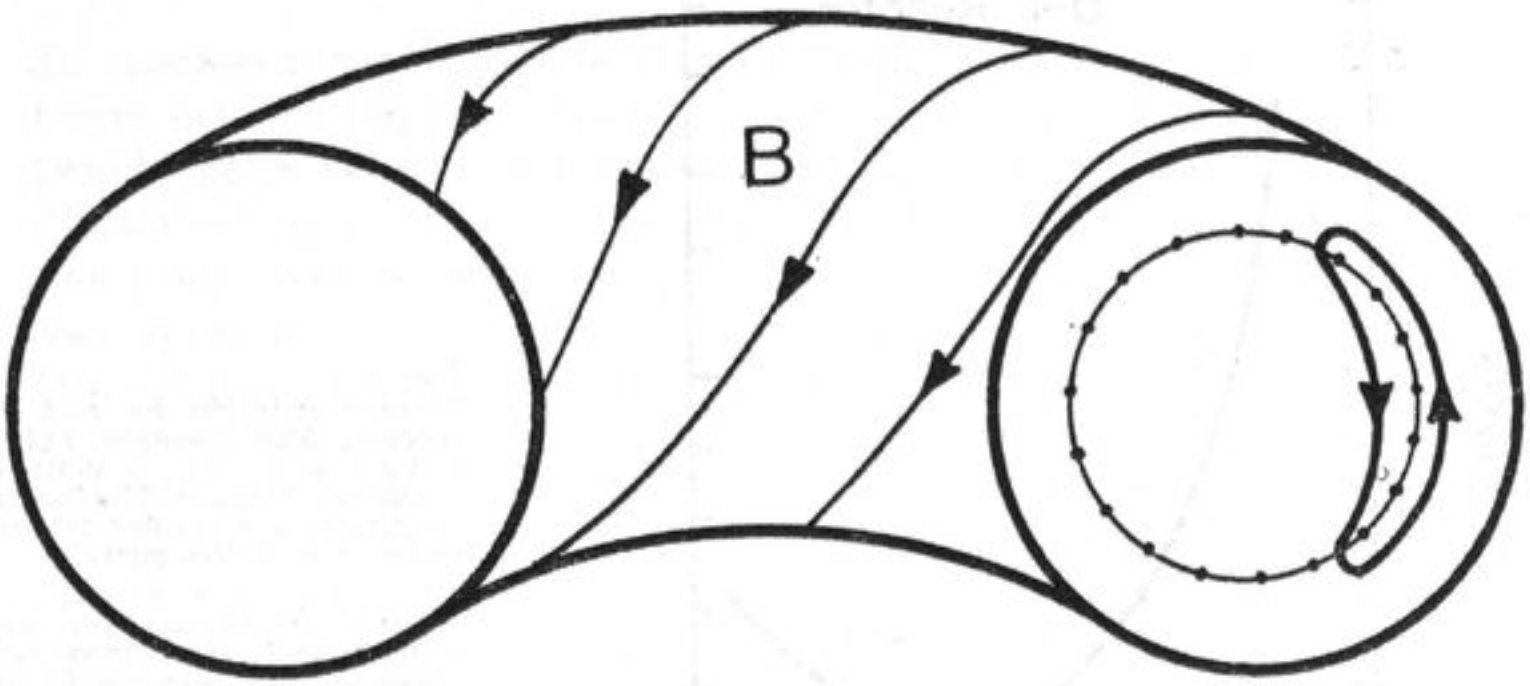


Fig. 3
Projection of the guiding center trajectories on a transverse section of the torus in a tokamak. A typical 'banana' orbit of a trapped particle (solid line) and a circular orbit of a circulating particle (dotted line) are shown.

Proiezione del moto del centro di guida delle particelle su una sezione del toro in una configurazione magnetica di tipo tokamak. È mostrata una tipica orbita a 'banana' di una particella intrappolata (linea continua) e quella, circolare, di una particella circolante (linea punteggiata).

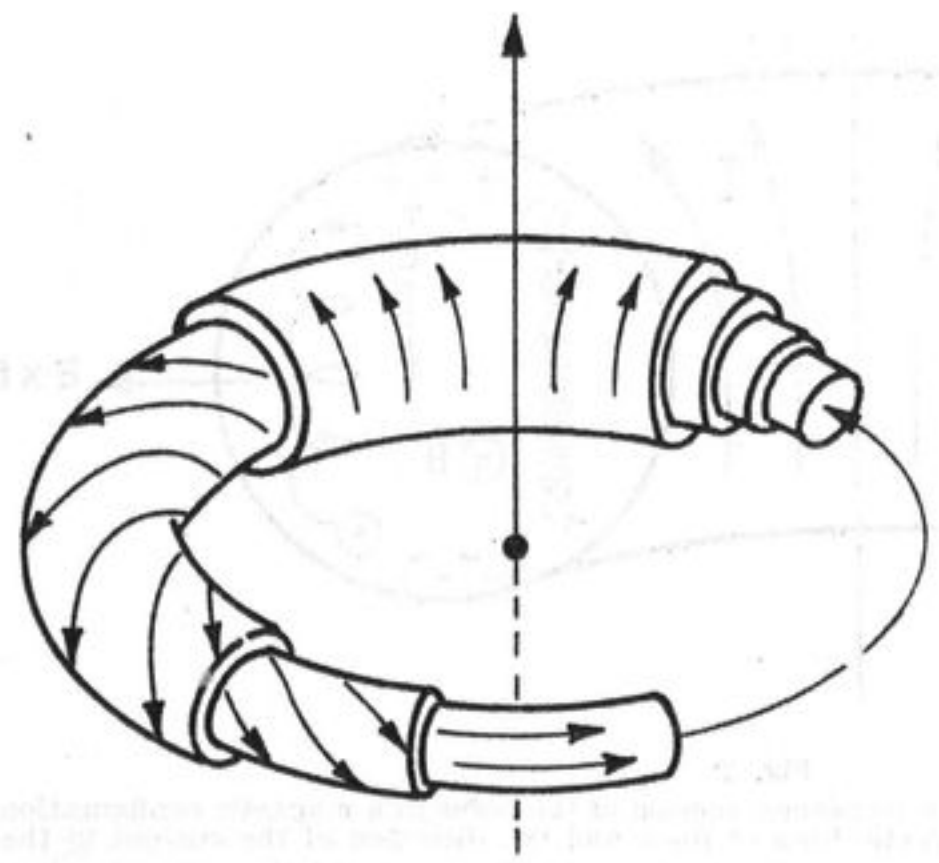


Fig. 5
Magnetic surfaces in a toroidal system. On each surface the magnetic field direction is shown. The rotational transform varies from one surface to another.

Rappresentazione delle superfici magnetiche in un sistema toroidale. Su ciascuna superficie è indicata la direzione del campo magnetico. La trasformata rotazionale cambia nel passare da una superficie ad un'altra.

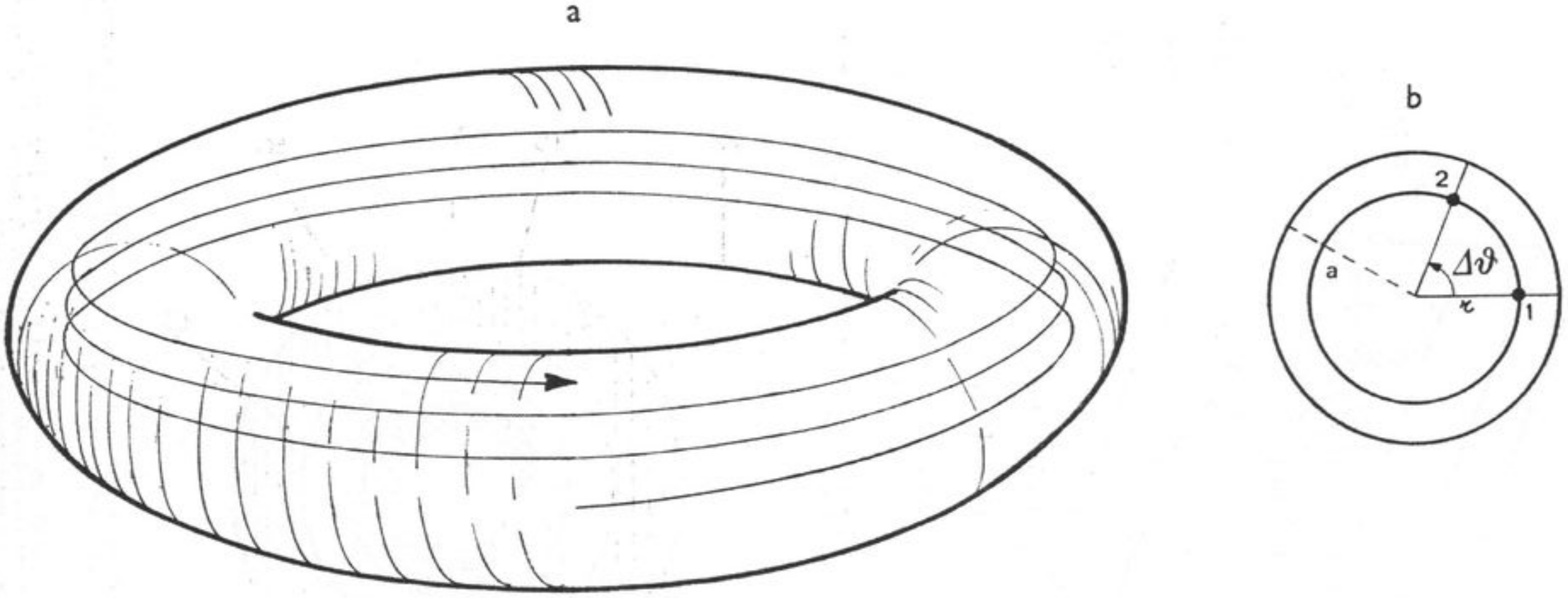


Fig. 4

a) Line of force on a magnetic surface with rotational transform.

b) Vertical section of a magnetic surface with radius *r*. The line of force crossing the section in 1, crosses it again in 2, after a complete turn around the axis of the torus. $\Delta\vartheta$ represents the rotational transform; *a* is the plasma minor radius.

a) *Rappresentazione di una linea di forza sulla superficie magnetica con trasformata rotazionale.*

b) *Sezione verticale di una superficie magnetica di raggio* r. *La linea di forza che interseca la sezione nel punto 1, dopo un giro completo attorno all'asse del toro, riappare nel punto 2.* $\Delta\vartheta$ *rappresenta la trasformata rotazionale;* a *il raggio minore del plasma.*

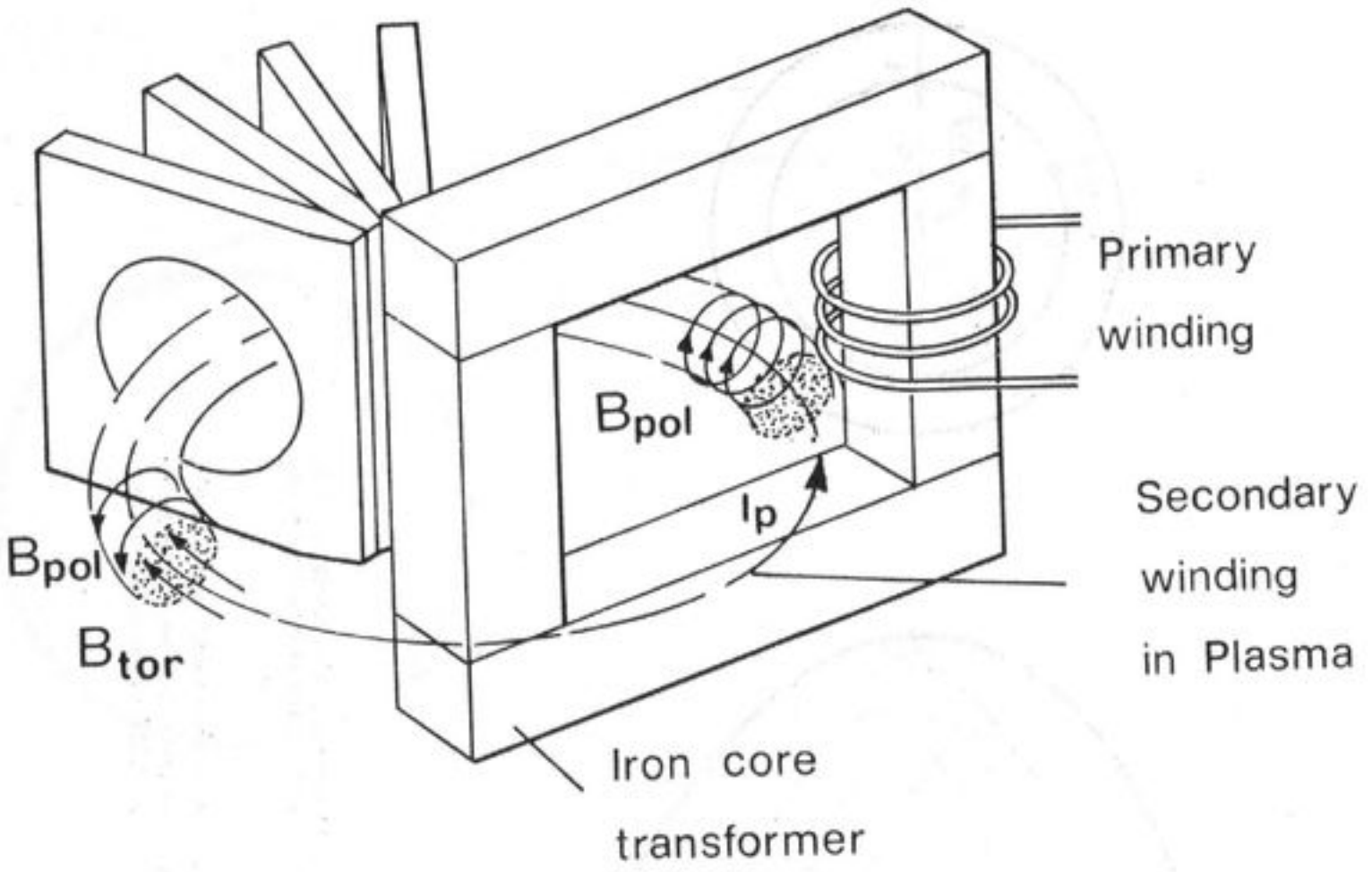


Fig. 6
Scheme of a conventional tokamak configuration. The toroidal field coils, the primary windings of the transformer and the plasma current, producing the poloidal magnetic field, are shown.

Schema di un tokamak. Sono indicati: le bobine che generano il campo magnetico toroidale, il primario del trasformatore e la corrente indotta nel plasma che dà origine al campo poloidale.

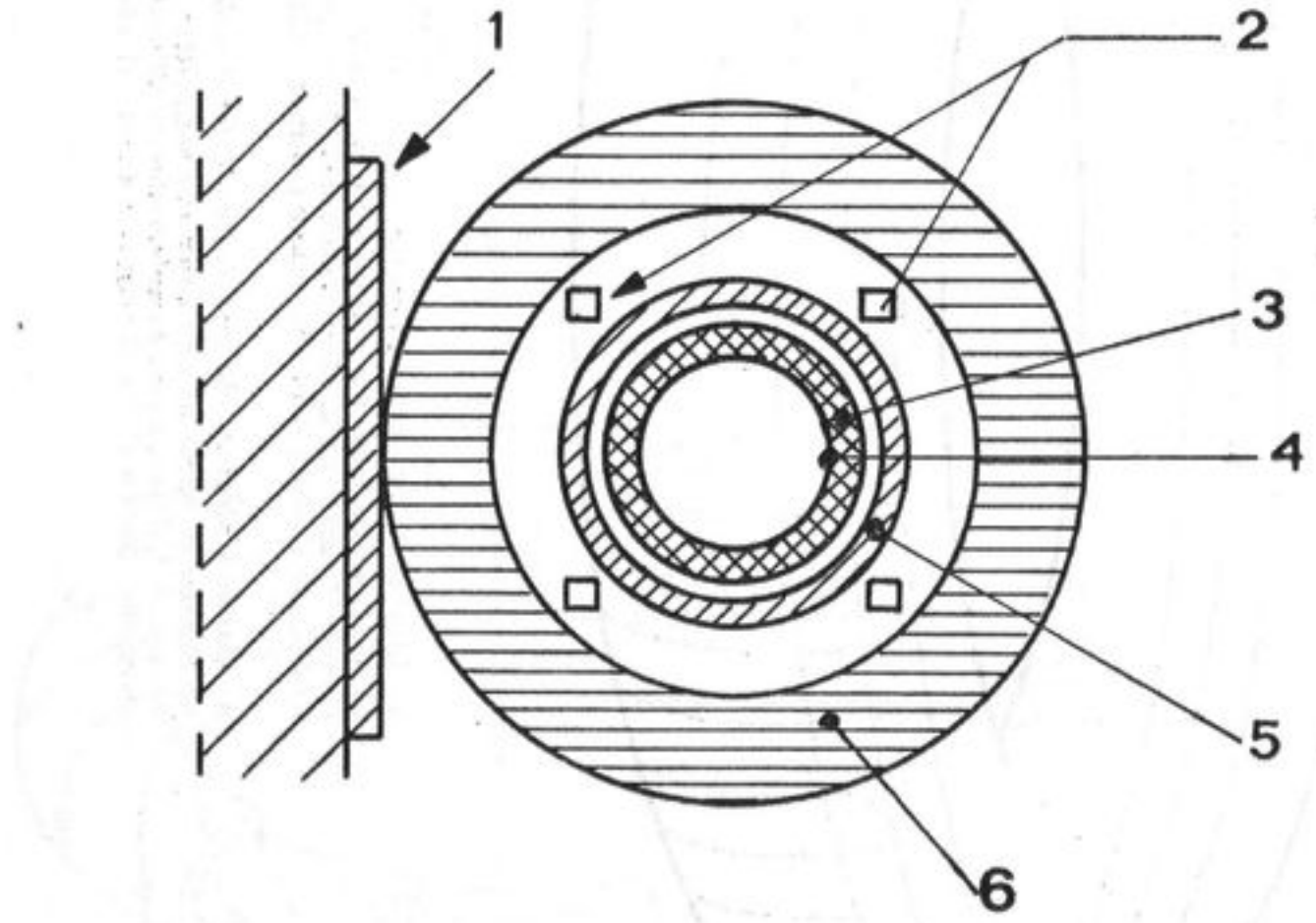


Fig. 7
Vertical section of a tokamak. On the figure are indicated: the primary windings of the transformer (1), the vertical field coils (2), the vacuum vessel (3), the limiter (4), the copper shell (5), one of the toroidal field coils (6).

Sezione verticale di un tokamak. Sono indicati: gli avvolgimenti del primario del trasformatore (1), le bobine per la produzione del campo magnetico verticale (2), il contenitore del plasma (3), il limiter *(4), la scocca di rame (5), una delle bobine che generano il campo toroidale (6).*

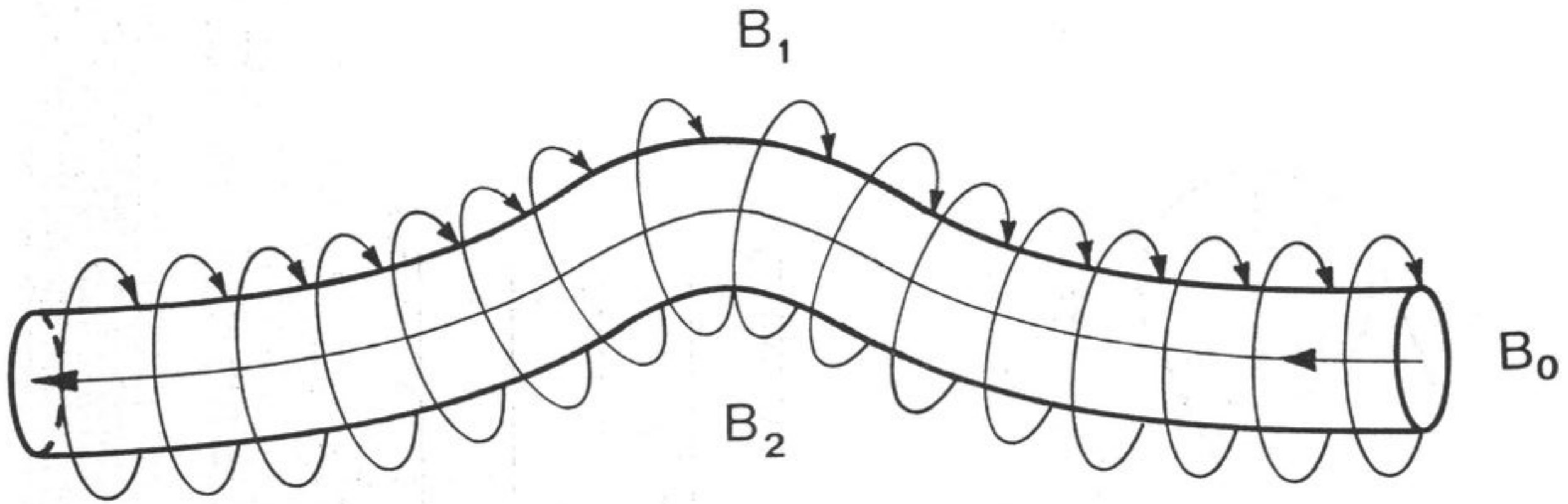


Fig. 8

Kink instability mechanism. The poloidal magnetic field lines produced by the plasma current are shown. The destabilizing effect due to the poloidal field pressure is hindered by the tension of the magnetic field lines inside the plasma.

Meccanismo della instabilità di kink. *È mostrato il campo magnetico poloidale generato dalla corrente che fluisce nella colonna di plasma. L'effetto destabilizzante dovuto alla pressione del campo poloidale è contrastato dall'effetto stabilizzante prodotto dalla tensione associata alle linee di forza del campo* B_0 *nel plasma nella stessa direzione della corrente.*

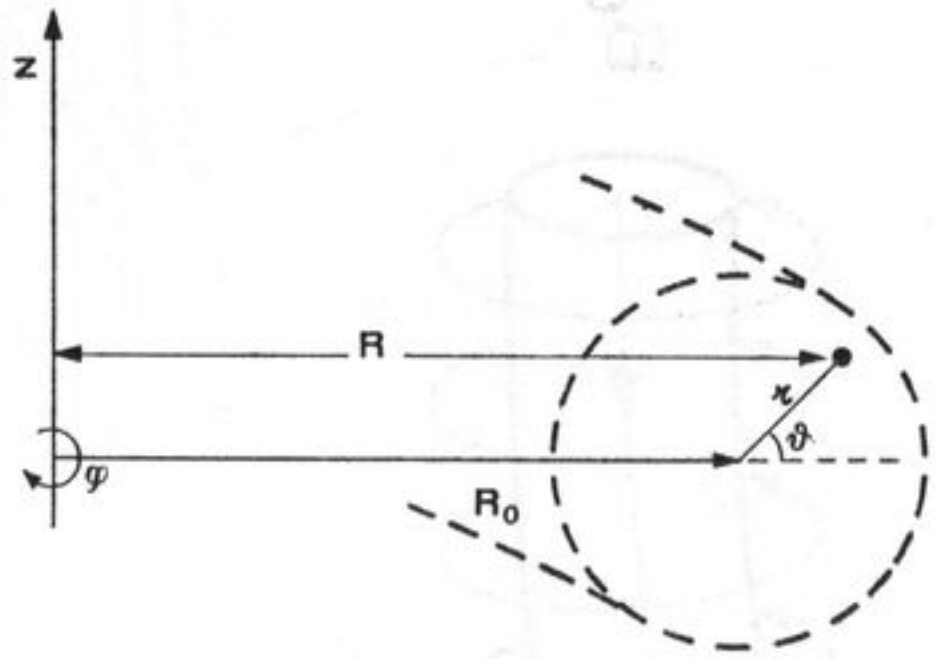


Fig. 9

Coordinate system relevant to a tokamak configuration. R_0 is the major radius of the plasma, a the minor radius, R the distance from the symmetry axis, r and ϑ the polar coordinates referred to the center of the section.

Sistema di coordinate appropriate alla descrizione di una configurazione di tipo tokamak. R_0 *è il raggio maggiore del plasma,* a *il raggio minore,* R *la distanza dall'asse di simmetria,* r *e* ϑ *sono le coordinate polari riferite al centro della sezione.*

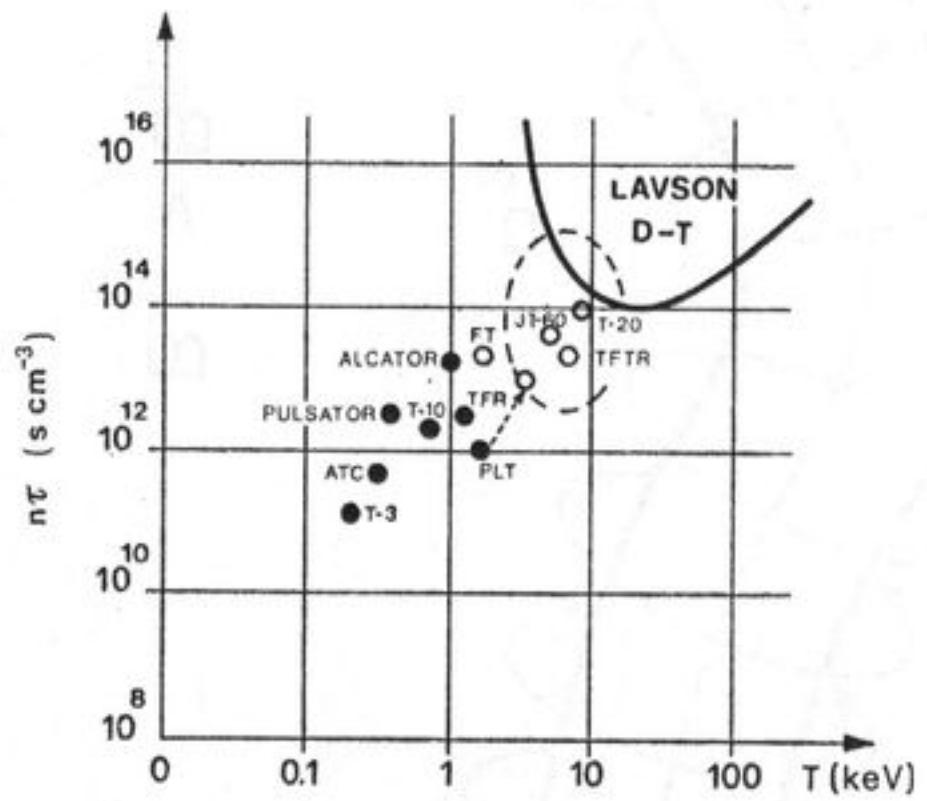


Fig. 10

Plasma experiments on typical tokamak devices are indicated on the ($n\tau$, T) plane. In the upper right area the Lawson criterion for a *D-T* plasma is satisfied. The results already achieved are indicated by solid circles: the expected or preliminary results by open circles. The following tokamak devices are indicated: ATC, PLT, TFTR at Princeton PPL (USA); T-3, T-10, T-20 at the Kurchatov Institute in Moscow (USSR); JT-60 at the Nagoya Institute (Japan); ALCATOR at the MIT in Cambridge (USA); PULSATOR, TFR and FT are tokamaks in operation in Garching (FRG), Fontenay aux Roses (France) and Frascati (Italy) in laboratories associated with EURATOM. The range of parameters expected from the JET device (Joint European Torus) is inside the dotted line.

Risultati sperimentali relativi ai principali tokamak nel piano (nτ, T). *Nella regione in alto a destra è soddisfatto il criterio di Lawson per una miscela* D-T. *I cerchi pieni rappresentano risultati già acquisiti, quelli vuoti le previsioni per le macchine in progetto, o in fase iniziale. Sono indicate le seguenti macchine: ATC, PLT, TFTR di Princeton (USA); T-3, T-10, T-20 del Kurchatov, Mosca (URSS); JT-60 di Nagoya (Giappone); ALCATOR del MIT di Cambridge (USA); PULSATOR della Associazione EURATOM-Garching (Germania); TFR dell'Associazione EURATOM-Fontenay aux Roses (Francia); FT dell'Associazione EURATOM-Frascati (Italia). Il campo dei parametri previsti per la macchina JET della Comunità Europea è contenuto nella curva tratteggiata.*

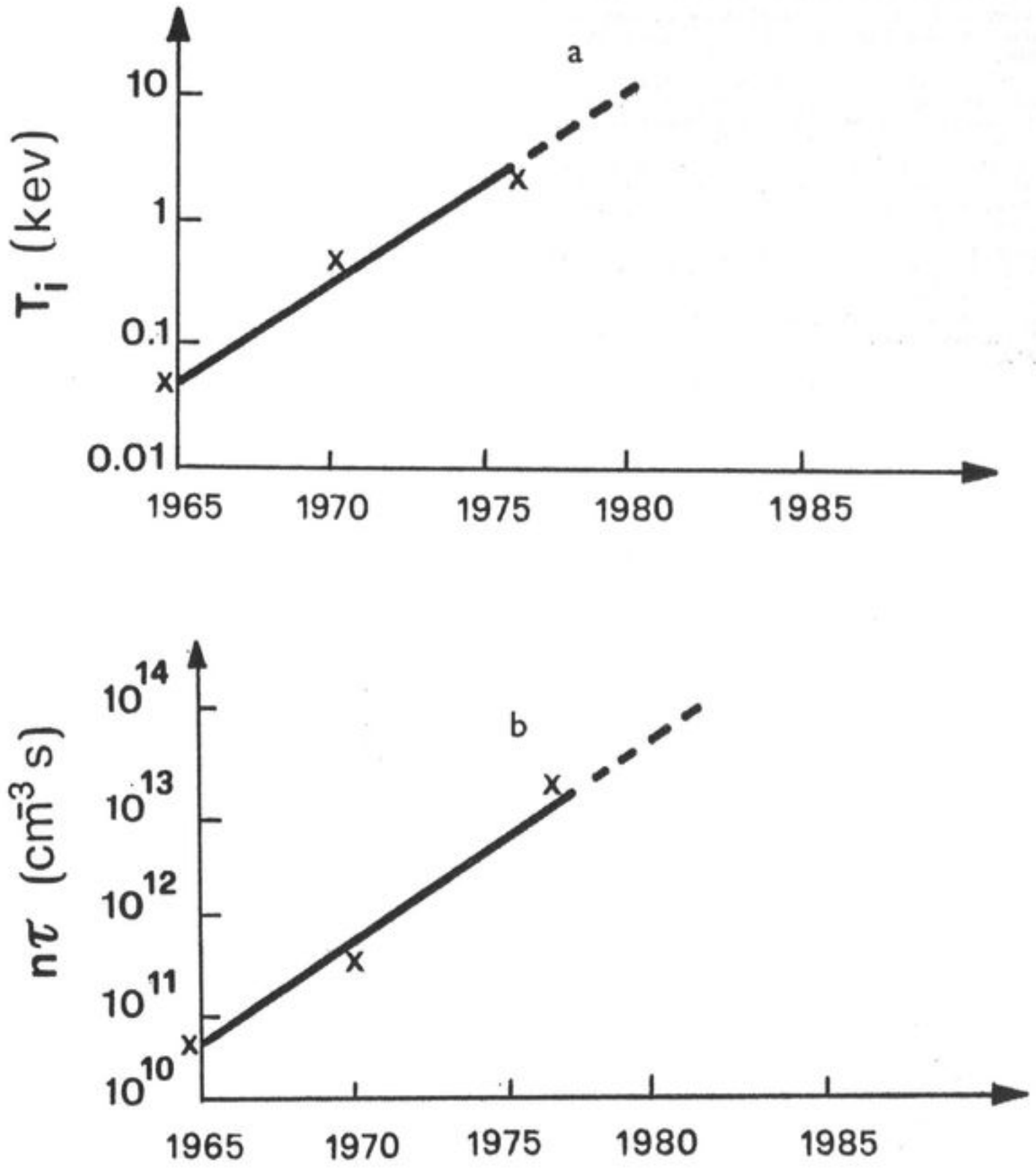


Fig. 11

Progress in the performances of the tokamak devices after 1965. The values, taken from the most significant experimental data, refer to the product $n\tau$ (Fig. 11*a*) and the plasma temperature T (Fig. 11*b*).

Miglioramento delle prestazioni delle installazioni sperimentali nel corso degli anni dopo il 1965. I valori, che rappresentano i più significativi dali sperimentali ottenuti, si riferiscono al prodotto $n\tau$ (*Fig. 11*a) *ed alla temperatura* T *del plasma* (*Fig. 11*b).

BIBLIOGRAPHY

ARTSIMOVICH, L. A., *Controlled Thermonuclear Reactions*, Gordon and Breach, New York, 1964.

ARTSIMOVICH, L. A., *Configurations de Plasma Fermées*, Presses Universitaires de France, Paris, 1968.

COPPI, B., LEOTTA, G., POZZOLI, R., SINDONI, E. and STRINGER, T. (eds.), *Course on Theory of Magnetically Confined Plasmas*, Varenna, Settembre 1977, EURATOM, 1978.

EUBANK, H. and SINDONI, E. (eds.), *Course on Plasma Diagnostics and Data Acquisition Systems*, Varenna, Settembre 1975, Editrice Compositori, Bologna, 1975.

KAMMASH, T., *Fusion Reactor Physics. Principles and Technology*, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, 1975.

KRALL, N. A. and TRIVELPIECE, A. W., *Principles of Plasma Physics*, McGraw-Hill, New York, 1973.

Aspetti teorici e sperimentali della fusione termonucleare mediante confinamento magnetico

Sintesi scientifica del Seminario su "Teoria dei Plasmi magneticamente confinati" tenuto dalla International School of Plasma Physics di Milano nell'ambito delle manifestazioni per l'Anno Voltiano

Varenna, 1-16 Settembre 1977

ROBERTO POZZOLI e ELIO SINDONI
Università degli Studi di Milano
Laboratorio di Fisica del Plasma, Associazione CNR/EURATOM, Milano

INTRODUZIONE - I

Fra i progetti più ambiziosi che la scienza sta inseguendo in questa seconda metà del secolo, occupa un posto predominante quello relativo alla utilizzazione pacifica dell'energia di fusione nucleare. La sua realizzazione dovrebbe costituire una soluzione permanente alla necessità crescente di energia degli abitanti del nostro pianeta, già seriamente preoccupati dai problemi dovuti alla limitatezza delle riserve dei combustibili tradizionali, carbone e petrolio, e all'inquinamento che il loro uso comporta. Rispetto alla energia di fissione, da anni ormai operante a livello economico, l'energia di fusione sarà più sicura e disporrà di una riserva praticamente inesauribile di combustibile, a basso costo e facilmente accessibile, nell'acqua, sotto forma di deuterio. I prodotti radioattivi saranno limitati al tritio, completamente trattato 'in loco' e riutilizzato come combustibile, e alle strutture del reattore, attivate dal bombardamento neutronico: quest'ultimo problema richiede notevoli precauzioni per il progetto del reattore ma può essere risolto senza alcun pericolo di contaminazione per l'esterno.
Il processo fondamentale della fusione nucleare è ben noto. Se due nuclei atomici leggeri vengono fatti avvicinare con una energia cinetica di moto relativo superiore all'energia di repulsione coulombiana, essi si fondono formando un nucleo più pesante ed un'altra particella (un protone o un neutrone a seconda della reazione); l'energia cinetica dei prodotti della reazione risulta essere molto più grande (di due o tre ordini di grandezza) dell'energia cinetica dei nuclei reagenti. Ad esempio, una delle possibili reazioni, la più facile da realizzare, riguarda la fusione di due isotopi dell'idrogeno: tritio (T) e deuterio (D), con la formazione di un nucleo di elio e di un neutrone; essa si scrive:

$$T + D \rightarrow {}^4\mathrm{He}\ (3{,}52\ \mathrm{Mev}) + n\ (14{,}06\ \mathrm{Mev}).$$

Per realizzare un reattore a fusione è quindi necessario (ma, come si vedrà, non sufficiente) portare una miscela di tritio e deuterio a temperature così elevate da permettere il verificarsi di reazioni di fusione. La minima temperatura di ignizione, definita come la temperatura alla quale l'energia liberata dalla reazione di fusione bilancia l'energia persa per emissione di radiazione è, per la miscela D—T, di circa 5 KeV ($1\ \mathrm{eV} \simeq 11600\ ^\circ\mathrm{K}$).
A tali temperature gli atomi sono scissi in ioni ed elettroni, e la materia presenta un comportamento fondamentalmente diverso da quello di un solido, di un liquido e di un gas. A questo 'quarto stato' della materia si dà il nome di plasma. La transizione

da gas neutro a plasma avviene in realtà a temperature di circa 10 eV, cioè molto inferiori a quelle richieste per innescare le reazioni di fusione.

Il 99,9% dell'universo a noi noto è nello stato di plasma. Sulla terra, se si eccettuano i fenomeni di scariche nell'atmosfera, il plasma allo stato naturale non esiste, a causa della bassa temperatura e dell'alta densità della materia. Allontanandosi dalla terra, si incontra plasma a basso grado di ionizzazione nella ionosfera, creato da fotoionizzazione; del plasma viene inoltre emesso dal sole (vento solare) e plasma è ancora il mezzo che riempie più o meno uniformemente lo spazio interstellare.

Il problema centrale riguardante la produzione di energia termonucleare è di portare un plasma di nuclei leggeri, come gli isotopi dell'idrogeno, alla temperatura di ignizione e di confinarlo per un tempo sufficientemente lungo da permettere il verificarsi di reazioni di fusione autosostenute. All'interno delle stelle, plasmi di idrogeno e di altri elementi leggeri sono riscaldati e confinati dalla pressione gravitazionale. Nelle esplosioni termonucleari gli isotopi dell'idrogeno sono riscaldati utilizzando un'esplosione di fissione, mentre il plasma che ne risulta è confinato solo dalla propria inerzia, cioè per il tempo impiegato da uno ione, in virtù della sua velocità termica, ad abbandonare la zona di reazione.

L'approccio più antico alla produzione controllata di energia termonucleare richiede l'uso di configurazioni magnetiche per confinare un plasma di deuterio e tritio. La fusione mediante laser, di origine più recente, reintroduce il confinamento inerziale utilizzando il laser per riscaldare il plasma mediante brevi impulsi di luce a densità di potenza estremamente alte.

La storia della fusione controllata inizia nel 1952, anno della dimostrazione della liberazione esplosiva di energia di fusione. Ricerche per sviluppare un reattore a fusione iniziano attorno a quell'epoca, dietro lo scudo della segretezza, negli Stati Uniti, nell'Unione Sovietica, in Inghilterra, in Francia ed in altri Paesi. Nel 1958, divenute ovvie le difficoltà e la complessità del problema di confinare un plasma ad alta temperatura, si decide, in occasione della *Seconda Conferenza Internazionale sull'uso pacifico dell'Energia Atomica* organizzata dalle Nazioni Unite, di mettere in comune le conoscenze acquisite.

Allo stato attuale l'obbiettivo delle ricerche fusionistiche è un esperimento che dimostri la fattibilità scientifica del reattore a fusione. Le maggiori difficoltà che si incontrano derivano dalla natura intima del plasma termonucleare, che sembra sempre reagire subdolamente ai tentativi, numerosi e multiformi, fatti dai fisici per imprigionarlo e per riscaldarlo. È opportuno perciò, prima di affrontare più da vicino il problema della fusione, dare brevemente alcune informazioni sullo stato di plasma.

LO STATO DI PLASMA - II

La caratteristica principale dello stato di plasma è che, in virtù della natura elettromagnetica delle forze di interazione, ogni particella interagisce simultaneamente con tutte le altre. La descrizione del moto di ciascuna particella nei campi elettromagnetici generati da tutte le particelle del sistema è contenuta nelle equazioni fondamentali dell'elettrodinamica classica. Da questo punto di vista la fisica del plasma si presenta come un problema a N corpi nella sua forma più intrattabile. È possibile tuttavia, a dispetto di questa insuperabile complicazione, effettuare una ampia schematizzazione concettuale della dinamica del plasma. Cominciamo con l'osservare che il campo elettrostatico generato da una particella carica in un plasma viene parzialmente schermato dalla presenza delle altre particelle cariche. Ad esempio, il potenziale elettrostatico Φ, creato da un elettrone nel plasma, decresce esponenzialmente in funzione della distanza r dall'elettrone secondo l'espressione:

$$\Phi = (e/r) \exp(-r/\lambda_D)$$

dove la lunghezza λ_D (lunghezza di Debye) è data da: $\lambda_D = (kT/8\pi ne^2)^{1/2}$, in cui n e

T sono la densità e la temperatura degli elettroni e k è la costante di Boltzmann. In un plasma quindi i campi elettrici fluttuanti dovuti al moto termico delle particelle sono schermati su una lunghezza dell'ordine di λ_D. I campi associati a moti ordinati di particelle dovranno invece avere lunghezze tipiche di variazione (lunghezza d'onda) superiori a λ_D. L'interazione di una particella con le altre può essere allora pensata come risultante da due tipi diversi di interazione: l'interazione, attraverso i campi fluttuanti, con le particelle contenute in una sfera di raggio λ_D (sfera di Debye) e l'interazione con i campi collettivi generati da componenti ordinate del moto di tutte le particelle del plasma. Le interazioni del primo tipo consistono in processi di urti coulombiani, elastici, multipli, essenzialmente a piccoli angoli di deflessione, con le particelle della sfera di Debye. Le interazioni del secondo tipo sono precipue del plasma. La lunghezza di Debye rappresenta dunque il limite inferiore della 'grana fine' dei processi collettivi. Di conseguenza, un insieme di particelle cariche mostrerà un comportamento di plasma solo se le sue dimensioni lineari saranno maggiori di λ_D. L'effetto di schermo, d'altra parte, è efficace solo se il numero di particelle contenute in una sfera di Debye è molto grande, cioè $n\lambda_D^3 \gg 1$. La quantità $n\lambda_D^3$ è un indice delle caratteristiche di plasma del sistema, nel senso che esso esprime la predominanza dei processi collettivi rispetto agli urti. A titolo di esempio, nella Tavola 1 sono riportati valori tipici di densità, temperatura, lunghezza di Debye e $n\lambda_D^3$ per alcuni plasmi naturali e di laboratorio.

TAVOLA 1

Tipo di plasma	$n(\mathrm{cm}^{-3})$	$T_e(\mathrm{eV})$	$\lambda_D(\mathrm{cm})$	$n\lambda^3{}_D$
Termonucleare	10^{14}	2×10^{4}	7.4×10^{-3}	4.1×10^{7}
Tokamak	10^{14}	5000	3.7×10^{-3}	5.1×10^{6}
Laser	10^{22}	10^{4}	5.3×10^{-7}	1400
Stellarator	10^{13}	500	3.7×10^{-3}	5.1×10^{5}
Fasce di radiazione	1000	4	33	3.7×10^{7}
Corona solare	10^{8}	100	0.53	1.4×10^{7}
Mezzo interstellare	0.03	1	3000	8.4×10^{8}
Fotosfera	10^{15}	0.5	1.2×10^{-5}	1.6
Raggi cosmici	10^{-7}	10^{9}	5.3×10^{10}	1.4×10^{25}
Pulsars	10^{10}	10^{9}	170	4.6×10^{16}

È bene notare esplicitamente l'estrema tendenza del plasma alla neutralità di carica (questa è forse l'unica caratteristica stabile che esso possegga): infatti una lieve deviazione dalla neutralità, su scale di lunghezza superiori a λ_D, produce campi elettrici molto intensi, in virtù dei quali gli elettroni tendono rapidamente a ristabilire la neutralità. Si produce così localmente un moto oscillatorio degli elettroni (oscillazioni di plasma) intorno alla posizione di equilibrio con frequenza data da:

$$\omega_p = (4\pi e^2 n/m_e)^{1/2}.$$

Tale frequenza, caratteristica del mezzo, assume il nome di frequenza di plasma. I

campi elettrostatici associati a queste oscillazioni propagano a causa della pressione elettronica (onde di Langmuir). Un'altra frequenza caratteristica (frequenza di ciclotrone) nasce quando il plasma è immerso in un campo magnetico, ed è associata al moto di girazione delle particelle intorno alle linee di forza del campo magnetico. Per una particella di massa m_j e carica q_j essa si scrive: $\Omega_j = |q_j| B/m_j c$, dove B indica l'intensità del campo magnetico e c la velocità della luce nel vuoto. Particelle con cariche di segno opposto ruotano in versi opposti.

Il raggio di girazione relativo a questo moto (raggio di Larmor) è dato da: $r = v_\perp / \Omega_j$, ove $v_\perp$ è la componente della velocità della particella perpendicolare al campo magnetico. Il raggio di Larmor medio delle particelle della specie j sarà: $r_j = (2T_j k/m_j)^{1/2}/\Omega_j$. Data la piccolezza della massa elettronica rispetto a quella ionica, la frequenza di ciclotrone elettronica risulta essere molto più grande di quella ionica.

La schematizzazione sopra introdotta si riflette sul modo di descrivere il plasma. Infatti, la grandezza numerica del parametro $n\lambda_D^3$ permette di applicare con successo i ben noti metodi statistici alle equazioni del moto delle singole particelle, concentrando così le informazioni sulla dinamica del sistema nelle funzioni di distribuzione delle velocità f_j ($\mathbf{v}$, $\mathbf{x}$, t) delle particelle delle varie specie j che formano il plasma (ricordiamo che f_j ($\mathbf{v}$, $\mathbf{x}$, t) $d\mathbf{x}d\mathbf{v}$ rappresenta il numero di particelle delle specie j, con massa m_j e carica q_j, che al tempo t hanno posizione compresa tra $\mathbf{x}$ e $\mathbf{x} + d\mathbf{x}$ e velocità compresa tra $\mathbf{v}$ e $\mathbf{v} + d\mathbf{v}$. Si ottiene così per la specie j un'equazione cinetica della forma:

$$df_j/dt = \partial f_j/\partial t + \mathbf{v} \cdot \partial f_j/\partial \mathbf{x} + \\ + (q_j/m_j)(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}/c) \cdot \partial f_j/\partial \mathbf{v} = \\ = (\delta f_j/\delta t)_c \qquad (1)$$

ove il termine $(\delta f_j/\delta t_c)$ rappresenta l'effetto degli urti coulombiani, mentre il termine a sinistra rappresenta la derivata totale di f_j rispetto al tempo, cioè la variazione calcolata lungo le traiettorie delle particelle nello spazio delle fasi, e contiene la descrizione degli effetti collettivi. Infatti i campi elettrici e magnetici, $\mathbf{E}$ e $\mathbf{B}$, contenuti nel termine di forza, sono legati alle funzioni di distribuzione f_j attraverso le equazioni di Maxwell in cui i termini di sorgente, cioè la densità di carica ρ e la densità di corrente $\mathbf{J}$ sono dati dalle relazioni:

$$\rho = \Sigma_j q_j \int f_j \, d\mathbf{v}$$
$$J = \Sigma_j q_j \int \mathbf{v} f_j \, d\mathbf{v}$$

dove la sommatoria è estesa a tutte le specie di particelle presenti. Alle equazioni di Maxwell devono essere associate le equazioni al contorno, che fanno intervenire i campi derivanti da sorgenti esterne al plasma. Per indagare sui processi collettivi, che avvengono su una scala di tempo rapida rispetto ai tempi collisionali, si può trascurare la variazione di f_j dovuta alle collisioni (la bontà di questa approssimazione migliora all'aumentare della temperatura del plasma): si ottiene così l'equazione: $df_j/dt = 0$, indicata come equazione di Vlasov.

Il plasma può essere visto in definitiva come un coacervo di particelle e di onde elettromagnetiche, associate ai modi collettivi. Questi ultimi rappresentano altrettanti 'gradi di libertà' del plasma nel suo complesso e determinano le proprietà dispersive del mezzo, cioè le caratteristiche delle onde elettromagnetiche che in esso possono propagare. Alcuni di questi 'modi', come le oscillazioni di plasma, sono facilmente interpretabili attraverso caratteristiche semplici del moto delle particelle, altri hanno origine dalla particolare configurazione assunta dal plasma e sono refrattari a una qualsivoglia schematizzazione. I modi propri di oscillazione del plasma e le corrispondenti onde elettromagnetiche formano un insieme che, per un plasma confinato in un campo magnetico, diviene oltremodo affollato.

In un plasma uniforme, in assenza di campo magnetico esterno, possono propagare tre tipi di onde:

1) Le onde elettromagnetiche, che propagano per frequenze superiori alla frequenza di plasma ω_p. Per tale frequenza, come si

può vedere studiando l'indice di rifrazione di un'onda elettromagnetica in un plasma, l'onda diviene 'evanescente', cioè cessa di avere caratteristiche di un fenomeno spazialmente periodico ed assume quelle di un fenomeno che decade esponenzialmente: l'indice di rifrazione n del plasma assume in questo caso valore nullo; si dice anche, con termine tecnico, che l'onda subisce un '*cut-off*'. Lanciata in un plasma non uniforme, l'onda elettromagnetica è riflessa dal '*cut-off*'. La velocità di fase tipica di queste onde è la velocità della luce nel vuoto.
2) Le onde elettrostatiche di plasma, alle quali si è già accennato, la cui frequenza è uguale alla frequenza di plasma. Sono onde di tipo longitudinale, cioè la cui direzione di propagazione, a differenza delle onde elettromagnetiche, coincide con la direzione del campo elettrico. La velocità di propagazione tipica è superiore alla velocità termica elettronica.
3) Onde ionico-acustiche. È noto che le onde sonore in un gas ideale sono longitudinali, di compressione e rarefazione, e propagano con velocità $v_s = (\gamma\, kT/m)^{1/2}$, dove γ è il rapporto c_p/c_v fra il calore specifico a pressione costante e quello a volume costante e m la massa delle molecole del gas. La propagazione è dovuta alle collisioni fra le particelle. Onde longitudinali di simili caratteristiche propagano in un plasma con un meccanismo che, a differenza del caso del gas, è dato dall'accoppiamento prodotto, fra il moto ionico e quello elettronico, dal campo elettrico dovuto alla separazione di cariche. Queste onde possono propagare solo se la temperatura elettronica è maggiore di quella ionica, e hanno velocità di fase $c_s = (kT_e/m_j)^{1/2}$ intermedia fra la velocità termica ionica ed elettronica. Frequenza tipica di queste onde è la frequenza di plasma ionica $\omega_{pi} = (4\,\pi\, e^2 nZ/m_i)^{1/2}$, ove Z è la carica ionica.
In presenza di un campo magnetico, che introduce un accoppiamento fra i gradi di libertà del moto delle particelle perpendicolarmente alle linee di forza, la propagazione delle onde è notevolmente alterata e sotto certi aspetti risulta simile, a causa della forte anisotropia introdotta, a quella della luce in un cristallo otticamente attivo. Le onde non sono puramente longitudinali o trasversali ma hanno un carattere misto. Vi sono sei modi principali di propagazione: infatti le onde elettromagnetiche, modificate dalla presenza del campo, danno origine a due modi di propagazione, denominati come modo lento e modo veloce; la presenza del campo magnetico induce due nuovi modi di propagazione (le onde di Alfven, essenzialmente trasversali e a frequenze minori della frequenza di ciclotrone ionica) che propagano con una velocità di fase data da $c_A = B\,(4\,\pi\delta)^{-1/2}$, ove δ è la densità di massa del plasma; vi sono infine le onde di Langmuir e quelle ionico-acustiche, pur con caratteristiche di propagazione modificate dalla presenza del campo magnetico.
Oltre al '*cut-off*', in presenza di un campo magnetico un'onda può subire il fenomeno della risonanza. Ciò avviene allorquando la velocità di fase si annulla. Nei punti di risonanza può avvenire assorbimento, riflessione o trasformazione di un modo di propagazione in un altro. Le frequenze tipiche di risonanza sono legate, con una certa dipendenza dall'angolo di propagazione, alle frequenze di ciclotrone ionica ed elettronica ed alle due cosiddette frequenze 'ibride' inferiore e superiore, date dalle relazioni:

$$\omega_{lh} = \omega_{pi}\,\Omega_e\,(\Omega_e^2 + \omega_{pe}^2)^{-1/2}$$
$$\omega_{uh} = (\Omega_e^2 + \Omega_{pe}^2)^{1/2}$$

Per un determinato valore del campo magnetico e della densità del plasma, queste frequenze sono ordinate nel modo seguente: $\Omega_i < \omega_{lh} < \Omega_e < \omega_{uh}$.
La propagazione di onde in un plasma è resa ancor più complessa quando sono presenti gradienti di densità, di temperatura o di campo magnetico. In tali condizioni la dinamica delle particelle si complica, e possono nascere nuovi modi collettivi (modi di deriva). Come fatto generale, si può dire che in un plasma confinato, all'aumentare della temperatura, e quindi al diminuire degli effetti collisionali, le singole particelle possono esperimentare traiettorie sempre più esotiche, che danno origine a modi collettivi

dipendenti dalla intera configurazione del plasma.
Particolarmente importanti, per un plasma confinato magneticamente, sono, per quanto si vedrà in seguito, i movimenti lenti rispetto al periodo di girazione delle particelle, e con lunghezze caratteristiche superiori al raggio di Larmor tipico degli ioni. In essi il plasma si comporta come un unico fluido conduttore elettricamente neutro, caratterizzato da poche variabili macroscopiche: densità di massa, velocità del centro di massa, densità di corrente, temperatura. La sua descrizione quindi risulta molto più semplice di quella cinetica e le equazioni appropriate (equazioni magnetoidrodinamiche) si otterranno evidentemente dalla (1) attraverso opportune approssimazioni. Caratteristica dei moti magnetoidrodinamici è il 'congelamento' delle linee di forza del campo magnetico all'interno del plasma: il fatto cioè che, a causa dell'elevatissima conduttività elettrica del plasma, le linee di forza si muovono solidalmente ad esso. Un'altra schematizzazione nella dinamica del plasma è che rispetto ai moti magnetoidrodinamici, l'azione del campo magnetico sul plasma, espressa dal termine di forza elettrodinamica $\mathbf{J} \times B$, può essere pensata come dovuta all'effetto di un fluido fittizio, il campo magnetico, caratterizzato da una pressione isotropa e da una tensione nella direzione delle linee di forza: per quest'ultimo effetto, le linee di forza si comportano come delle corde elastiche.
L'equilibrio del plasma sarà determinato dal bilanciamento, sulla sua superficie, fra la forza dovuta al campo magnetico esterno al plasma e le forze dovute alla pressione cinetica del plasma ed al campo magnetico interno.
Esistono situazioni in cui alcuni modi collettivi possono essere eccitati nel plasma e la loro ampiezza può crescere nel tempo. In tali condizioni i modi sono detti essere instabili. Queste situazioni sono endemiche nei plasmi confinati e, anzi, costituiscono la maniera più comune che ha il plasma per evolvere verso l'equilibrio. Condizioni favorevoli alle instabilità sono subordinate all'esistenza di riserve di energia nel plasma, che possano andare ad alimentare moti ordinati di particelle.
Le instabilità possono essere distinte in due classi: instabilità macroscopiche, relative ai moti del plasma nello spazio fisico, e microscopiche, coinvolgenti la forma della funzione di distribuzione delle velocità delle particelle. Le prime, descritte dalle equazioni della magnetoidrodinamica, portano a movimenti globali del plasma che tendono a distruggere la sua configurazione iniziale; esse sono simili, come natura, alle instabilità che si incontrano in fluidodinamica allorquando in un campo gravitazionale un fluido più denso è sovrapposto ad uno meno denso. Le instabilità microscopiche, che sono descritte dalle equazioni cinetiche, corrispondono a fluttuazioni di densità e campo elettrico all'interno del plasma, e possono produrre un trasporto di particelle e di energia attraverso le linee di forza del campo magnetico in misura di gran lunga superiore a quello previsto dai fenomeni collisionali classici. Il principale meccanismo elementare che determina l'instaurarsi di una microinstabilità, oppure il suo smorzamento, è l'interazione risonante, non collisionale, fra onda e particella in un plasma: il crescere o il decrescere dell'energia di un'onda può essere interpretato come somma di meccanismi elementari di emissione e di assorbimento di onde da parte delle particelle risonanti. La condizione di risonanza onda-particella in assenza di campo magnetico si scrive $\omega = \mathbf{k} \cdot \mathbf{v}$. Essa esprime il fatto che la velocità di fase dell'onda è uguale alla componente della velocità $\mathbf{v}$ della particella nella direzione del vettore d'onda $\mathbf{k}$. In presenza di un campo magnetico la condizione di risonanza è alterata dal moto di girazione della particella, e diventa:

$$\omega = k_{||} v_{||} + n\Omega \; (n = 0, \; \pm 1, \; \pm 2, \; \ldots)$$

ove $v_{||}$ e $k_{||}$ sono le componenti di $\mathbf{v}$ e di $\mathbf{k}$ lungo il campo magnetico.
Il plasma può perdere energia, oltre che per trasporto di calore verso l'esterno, anche per emissione diretta di radiazione. L'emissione di radiazione, la cui causa principale

in un plasma è l'accelerazione degli elettroni, avviene attraverso due meccanismi: la *Bremsstrahlung*, o radiazione di frenamento, emessa dagli elettroni negli urti con gli ioni, e la radiazione di ciclotrone, dovuta all'accelerazione associata al moto di girazione dell'elettrone nel campo magnetico. La *Bremsstrahlung* per un plasma termonucleare è nella zona dei raggi X, e la sua energia viene completamente persa dal plasma. La radiazione di ciclotrone cade invece nella zona delle microonde, può venire quasi totalmente riflessa dalle parti metalliche della struttura che circonda il plasma e riciclare la sua energia all'interno del plasma. Questa ultima circostanza è molto importante poiché ad alta temperatura l'emissione di ciclotrone risulta essere preponderante rispetto alla *Bremsstrahlung* e, in assenza di riflessione, la potenza emessa in una configurazione di confinamento magnetico porrebbe grossissimi problemi alla fattibilità della fusione.

IL PLASMA TERMONUCLEARE - III

Caratterizzato lo stato di plasma, passiamo ora ad occuparci dei requisiti che un plasma deve possedere affinché in esso avvengano, in maniera controllata, reazioni nucleari autosostenute.

Per ottenere un guadagno di energia dai processi di fusione è necessario, una volta portato il plasma ad una temperatura superiore a quella di ignizione, che l'energia liberata dalle reazioni di fusione durante il tempo di confinamento sia superiore alla somma dell'energia persa per radiazione e di quella necessaria per portare il plasma alla temperatura in considerazione. Questa condizione si scrive

$$\tau P_W > 3\, nkT + \tau P_r \qquad (2)$$

ove P_W è la potenza liberata dalle reazioni di fusione all'interno del plasma (per il sistema D-T solo l'energia delle particelle α, confinate nel plasma, dovrà essere considerata) e P_r è la potenza effettivamente persa dal plasma per emissione di radiazione.

Il tempo τ è detto tempo di confinamento dell'energia. Utilizzando le espressioni note per P_W e P_r la condizione (2) può essere scritta nella forma

$$n\tau > f(T) \qquad (3)$$

in cui $f(T)$ è una funzione della sola temperatura del plasma T. La (3) rappresenta, in forma semplificata, il criterio di fusione formulato da J.D. Lawson (1957). La funzione $f(T)$ relativa alla miscela D-T è rappresentata nella Fig. 1 sul piano $(n\tau, T)$. La condizione di fusione è verificata per i punti che si trovano al di sopra della curva tracciata. Se ci si riferisce a una miscela di deuterio e trizio portata alla temperatura di $10 \div 20$ KeV il criterio di Lawson può essere scritto semplicemente

$$n\tau > 2 \times 10^{14}\ \mathrm{cm^{-3}\ sec.}$$

Molti sono gli approcci attraverso i quali si cerca di condurre il plasma a verificare questa condizione. I valori di n e τ necessari alla fusione saranno diversi a seconda del metodo di confinamento usato. Nelle configurazioni a confinamento magnetico, ad esempio, si punta verso valori di densità $n \simeq 10^{14}\ \mathrm{cm^{-3}}$ e di tempo di confinamento $\tau \simeq 1$ sec. Nel confinamento inerziale si ha come obiettivo $n \simeq 10^{26}\ \mathrm{cm^{-3}}$ e $\tau \simeq 10^{-12}$ sec. Noi ci occuperemo in particolare del confinamento magnetico. Illustriamo qui brevemente i concetti che stanno alla base di questo metodo.

Requisito minimo per una configurazione magnetica è che essa sia almeno in grado di confinare una singola particella carica. In un campo magnetico creato da un solenoide molto lungo una particella carica è perfettamente confinata in direzione perpendicolare al campo, ma può fuggire dalla configurazione lungo l'asse del solenoide. Seguendo l'intuito, si potrebbe pensare che, richiudendo il solenoide su se stesso, in modo da ottenere una configurazione toroidale chiusa, la particella venga confinata completamente dal campo magnetico. Purtroppo ciò non accade, perché ora il campo magnetico non risulta essere uniforme, dato che la sua intensità decresce all'aumentare

della distanza dall'asse di simmetria del sistema. In questa situazione la struttura delle linee di forza è causa di un moto di deriva della particella parallelo all'asse di simmetria del sistema: la particella, continuando a girare intorno alle linee di forza e a muoversi lungo di esse, si sposta lentamente in direzione verticale, uscendo dalla configurazione magnetica. Particelle di cariche opposte hanno moti di deriva in versi opposti (vedi Fig. 2). Se, per visualizzare questo movimento, introduciamo il 'centro di guida' della particella, cioè il punto rispetto al quale il moto risulta essere semplicemente di girazione con frequenza Ω e raggio uguale al raggio di Larmor, allora la traiettoria del centro di guida, proiettata su una sezione verticale del toro, sarà semplicemente una linea verticale.

Per essere in grado di confinare una singola particella è necessario che le linee di forza del campo magnetico, anziché essere delle semplici circonferenze, si avvolgano ad elica su superficie toroidali (superficie magnetiche). In questa situazione il moto di deriva della particella viene compensato durante il movimento lungo le linee di forza, e la particella rimane confinata. Su una sezione verticale la proiezione della traiettoria del centro di guida risulta allora chiusa. Questa proiezione, in dipendenza dalla direzione della velocità della particella, può essere di due tipi: una circonferenza poco discosta dalla superficie magnetica, per particelle che circolano indefinitamente in direzione toroidale (particelle circolanti); una 'banana', localizzata dalla parte della sezione più lontana dall'asse di simmetria, per particelle che nella direzione toroidale invertono periodicamente il loro moto (particelle intrappolate) (vedi Fig. 3). La differenza fra i due tipi di traiettoria può essere compresa pensando che nel proprio moto lungo le linee di forza la particella si comporta come un dipolo magnetico con momento magnetico costante. Seguendo una linea di forza, nel suo avvicinarsi all'asse di simmetria, la particella incontra zone a campo magnetico crescente, che esercitano su di essa una forza tale da sospingerla verso i punti ove il campo è minore. Se la velocità lungo la linea di forza è sufficientemente elevata la particella riesce a superare il punto di massimo campo magnetico ritrovandosi, seguendo la linea di forza, nelle regioni a campo magnetico minore (particella circolante). Se la velocità lungo il campo non è così elevata la particella trova un punto di riflessione e torna nella zona a campo magnetico minore invertendo la componente della velocità lungo il campo magnetico (particella intrappolata).

Il fatto che le linee di forza si avvolgano a elica su superficie toroidali viene indicato tecnicamente dicendo che la configurazione magnetica è dotata di 'trasformata rotazionale'. Riferendosi a una sezione verticale e seguendo una linea di forza, la trasformata rotazionale ι rappresenta l'angolo, sotteso dal centro della sezione, fra due tracce consecutive della linea di forza (vedi Fig. 4). Una configurazione toroidale di confinamento magnetico è costituita da superficie magnetiche toroidali, interne una all'altra come le scatole cinesi, ciascuna di esse essendo caratterizzata da un proprio valore della trasformata rotazionale (vedi Fig. 5). La costruzione di tali configurazioni magnetiche può essere ottenuta modificando il campo prodotto da un semplice solenoide ripiegato a toro su se stesso in due modi diversi:

1) Facendo passare nel plasma immerso nel campo magnetico toroidale una corrente in direzione toroidale. La configurazione così prodotta risulta essere simmetrica rispetto all'asse di simmetria del toro. Il tipo di macchina che utilizza tale configurazione è detto tokamak, ed è stato ideato da L.A. Artsimovich all'Istituto Kurchatov di Mosca negli anni '50.

2) Creando la trasformata rotazionale mediante avvolgimenti elicoidali esterni al plasma. Una configurazione di questo tipo non risulta essere assisimmetrica. La macchina ad essa associata è detta Stellarator, ed è stata ideata da L. Spitzer jr. al Plasma Physics Laboratory di Princeton negli stessi anni '50.

Noi ci occuperemo del primo tipo di confi-

gurazione, verso il quale sono maggiormente rivolte le attuali ricerche sulla fusione.

IL TOKAMAK - IV

In un tokamak la corrente nel plasma viene indotta producendo, mediante un generatore esterno, una rapida variazione di flusso magnetico nella regione interna all'anello di plasma. Il tokamak funziona cioè come un grosso trasformatore a un solo impulso, il cui secondario, a una sola spira, è costituito dall'anello di plasma. Le componenti principali di un tokamak sono: il contenitore metallico toroidale per contenere il plasma, le bobine che generano il campo magnetico toroidale, il trasformatore che induce il campo elettrico nel plasma (vedi Figg. 6 e 7). Il contenitore viene portato, mediante un impianto a vuoto, a una pressione residua inferiore a 10^{-7} torr. In esso viene in seguito immesso del gas a bassissima pressione (10^{-4} — 10^{-5} torr) (1 atmosfera = 760 torr). Per evitare il contatto diretto del plasma con le pareti del contenitore si inserisce un diaframma (*limiter*) che limita la sezione trasversale del plasma, costituendo l'unica zona di interazione plasma-parete.

Per mantenere il plasma confinato all'interno di un tokamak non è, evidentemente, sufficiente il poter confinare la singola particella. Infatti, un'importante condizione da verificare è che il plasma sia in uno stato di equilibrio magnetoidrodinamico e che tale equilibrio sia stabile.

In assenza di una corrente toroidale il plasma non risulta essere in equilibrio, e tende a espandersi in tutte le direzioni, a causa della disuniformità del campo magnetico. In particolare, il campo elettrico generato dalla separazione di cariche dovuta al moto di deriva verticale delle particelle (vedi Fig. 2) produce, combinato al campo magnetico toroidale, uno spostamento globale dell'anello di plasma in direzione orizzontale ($\mathbf{E} \times \mathbf{B}$). In presenza di una corrente toroidale l'equilibrio diventa possibile. Infatti, la corrente toroidale genera un campo magnetico 'poloidale', in direzione ad essa perpendicolare (vedi Fig. 6), il quale, interagendo con la corrente stessa, determina una compressione nella direzione del raggio piccolo del toro, impedendo l'espansione in tale direzione. Questa interazione è dello stesso tipo di quella che si esercita tra conduttori paralleli percorsi da corrente nella stessa direzione. L'anello toroidale di corrente tende inoltre a espandersi nel senso del raggio maggiore, come effetto risultante da tre cause diverse: la forza elettrodinamica che tende ad allargare l'anello (questo effetto è assimilabile all'espansione di una spira non rigida percorsa da corrente), la forza di espansione dovuta alla pressione del plasma, la forza dovuta alla pressione magnetica e alla tensione associata alle linee di forza, che tende a restringere l'anello di plasma. Questa espansione può essere bilanciata introducendo un opportuno campo magnetico, in direzione verticale, prodotto dall'esterno, tale da esercitare sul plasma una forza diretta verso il centro del toro. L'effetto del campo verticale può essere in parte sostituito, nella fase iniziale della scarica, dalla presenza di una spessa rivestitura di rame (detta scocca) (vedi Fig. 7) che circonda il contenitore del plasma. Essa reagisce agli spostamenti della colonna di plasma mediante la forza repulsiva dovuta alle 'correnti immagine' generate durante lo spostamento del plasma stesso. In altre parole, in corrispondenza a spostamenti della colonna di plasma il campo magnetico poloidale viene compresso nello spazio fra il plasma e la scocca, e tende a respingere il plasma nel centro della camera. Mediante questi interventi esterni è dunque possibile ottenere l'equilibrio magnetoidrodinamico in una configurazione di tipo tokamak.

Per quanto riguarda la stabilità di questo equilibrio, ci limiteremo ad accennare alla instabilità più dannosa, facendo riferimento, per semplicità, ad una configurazione cilindrica. Consideriamo una colonna infinita di plasma percorsa da corrente in direzione assiale. La colonna, come abbiamo già osservato, può stare in equilibrio con il campo magnetico che essa stessa genera. L'equili-

brio risulta essere instabile: infatti, se in una regione la colonna viene incurvata, la pressione magnetica nei punti della superficie a raggi di curvatura minori aumenta, laddove diminuisce verso i punti a raggi di curvatura maggiori. Si crea così una forza che tende ad aumentare la deformazione producendo un'instabilità (instabilità di '*kink*') (vedi Fig. 8). Essa può essere stabilizzata introducendo un campo magnetico assiale. All'incurvarsi della colonna le linee di forza del campo assiale si incurveranno (il plasma si muove con il campo magnetico) e la loro tensione eserciterà una forza che si oppone alla deformazione.

Lo stesso tipo di instabilità si incontra in una configurazione toroidale. Dato che lo sbilanciamento della colonna del plasma è provocato dal campo poloidale, mentre l'effetto stabilizzante è dovuto al campo toroidale, esisterà un valore limite del rapporto B_p/B_t al disopra del quale il plasma diventerà instabile. Si trova che la condizione per la stabilità può essere scritta

$$B_t/B_p > q_0 R_0/a \qquad (4)$$

(condizione di Kruskal-Shafranov) dove a è il raggio minore del plasma, R_0 il raggio maggiore (vedi Fig. 9) e q_0, detto fattore di sicurezza, è un numero con valori compresi fra 2.5 e 3.0. Dato che il campo magnetico poloidale è proporzionale alla corrente che circola nel plasma, questa condizione rappresenta un limite alla corrente massima che può passare in un tokamak. Infatti, esprimendo B_p attraverso la corrente I che passa nella colonna di plasma ($B_p = 2I/ca$), la condizione di Kruskal-Shafranov diventa

$$I < ca^2 B_t/2q_0R_0 \qquad (5)$$

La condizione di Kruskal-Shafranov può essere anche interpretata introducendo il parametro $q(r)$, caratteristico della superficie magnetica di raggio r, così definito

$$q(r) = (r/R_0)(B_t/B_p)_r$$

ove si tiene conto che il rapporto B_t/B_p risulta essenzialmente essere funzione della sola r e il simbolo $(B_t/B_p)_r$ denota appunto tale rapporto valutato sulla superficie magnetica di raggio r. Notiamo che $q(r)$ è legato alla trasformata rotazionale $\iota(r)$ dalla relazione $q(r) = 2\pi/\iota(r)$, e quindi rappresenta il rapporto fra il numero di giri che la linea di forza, giacente sulla superficie magnetica considerata, compie intorno all'asse di simmetria del toro, e il numero di giri che in corrispondenza essa compie in direzione poloidale. Notiamo che $q(a)$ compare nella (4), che può essere scritta $q(a) > q_0$. Possiamo anche aggiungere che la colonna diviene instabile quando, su una qualsiasi superficie magnetica, $q < 1$, cioè le linee di forza per ogni giro toroidale compiono più di un giro poloidale; quando la condizione $q(a) > q_0$ è verificata, ciò non avviene per alcuna superficie magnetica del plasma.

In un tokamak macroscopicamente stabile possono essere eccitate numerose instabilità microscopiche. Esse difficilmente possono essere direttamente osservate; informazioni sperimentali sulla loro presenza si hanno dalle misure di trasporto di energia e di particelle nel plasma. Ci limitiamo ad elencare alcuni processi che possono essere notevolmente influenzati dalla presenza di microinstabilità nel plasma.

1) La diffusione di particelle e il trasporto di calore attraverso il campo magnetico sono in generale aumentati dalla presenza di microinstabilità, portando ad una riduzione del tempo di confinamento del plasma.

2) La penetrazione rapida della corrente all'interno del plasma nella fase iniziale della scarica, con il conseguente riscaldamento della colonna nella parte centrale, può essere considerata un effetto positivo della presenza di instabilità di deriva.

3) Meccanismi di instabilità possono permettere una rapida termalizzazione della energia ordinata posseduta da fasci di particelle iniettati nel plasma.

Sono da menzionare infine i problemi non semplici relativi alla presenza di ioni 'indesiderati' all'interno del plasma. Queste 'impurezze' provengono dalle pareti del contenitore metallico. Esse provocano un notevole raffreddamento del plasma e costituiscono attualmente un serio ostacolo al

miglioramento delle prestazioni dei tokamak in funzione.

Supponiamo ora di avere realizzato una configurazione praticamente stabile per un tempo sufficientemente lungo, tale da verificare il criterio di Lawson. Rimane il problema di come fornire al plasma l'energia termica richiesta dalla condizione di ignizione.

Il riscaldamento ohmico, negli attuali esperimenti in tokamak, è la principale sorgente di potenza. Esso è associato al flusso di corrente all'interno del plasma. Per questo in un tokamak la corrente toroidale ha una funzione determinante sia nel confinamento sia nel riscaldamento. La resistività collisionale o 'classica', è associata al trasferimento agli ioni, mediante le collisioni, del momento che gli elettroni acquistano dal campo elettrico. Essa risulta essere fortemente decrescente al crescere della temperatura elettronica. La potenza termica generata dalla corrente all'interno del plasma è proporzionale alla resistenza e al quadrato della densità di corrente. Poiché la densità di corrente è limitata dal criterio di stabilità di Kruskal-Shafranov, nel caso di una resistività puramente collisionale la potenza associata al riscaldamento ohmico decresce fortemente all'aumentare della temperatura del plasma. Pertanto, per migliorare la temperatura, è necessario ricorrere a metodi diversi di riscaldamento (riscaldamento addizionale). Un metodo teoricamente possibile, ma non ancora adeguatamente esplorato, consiste semplicemente nell'alterare la resistività del plasma. È noto infatti che, come abbiamo già accennato, quando certi tipi di microinstabilità sono eccitati nel plasma, vi può essere un trasferimento risonante di momento dagli elettroni alle onde e da questi agli ioni. Si ottiene così una resistività che può essere molto più grande di quella collisionale (resistività anomala). L'eccitazione di queste instabilità può essere ottenuta facendo circolare una forte corrente toroidale: l'instaurarsi di una resistività anomala dipenderà allora dalla possibilità di operare a correnti che siano al di sotto del limite di Kruskal-Shafranov, ma sufficientemente elevate da eccitare quel tipo di microinstabilità. È da esplorare sperimentalmente la possibilità di eccitare una resistività anomala attraverso l'invio di opportune onde elettromagnetiche nel plasma.

Per quanto riguarda i metodi di riscaldamento addizionale, ci limiteremo ad accennare ai due che attualmente sono di gran lunga i più importanti ed applicati: il riscaldamento mediante radiofrequenze e quello mediante l'iniezione di particelle neutre energetiche.

Il primo sistema consiste nel cedere energia al plasma tramite assorbimento di potenza a radiofrequenza inviata da una sorgente esterna. Il problema fondamentale si può sintetizzare in questo modo: bisogna determinare a quali frequenze il plasma è in grado di assorbire energia: bisogna quindi studiare il metodo più opportuno per accoppiare la potenza r.f. al plasma; bisogna verificare l'esistenza, per tali frequenze, di sorgenti di sufficiente potenza. Il plasma può assorbire energia, mediante processi abbastanza complessi (smorzamento di Landau e ciclotronico, effetti non lineari) a frequenze corrispondenti a determinate risonanze caratteristiche, quali le risonanze ciclotroniche ioniche ed elettroniche e le cosiddette risonanze 'ibride' inferiore e superiore, i cui valori dipendono dal campo magnetico e dalla densità del plasma. A causa della disomogeneità radiale della densità elettronica e del campo magnetico toroidale, è possibile trovare delle frequenze per cui una determinata risonanza sia situata all'interno dell'anello di plasma. Il problema è quello poi di vedere se una data risonanza sia 'accessibile', cioè se l'onda possa propagare sino ad essa senza incontrare zone di '*cut-off*' in cui diviene evanescente. Strettamente legato al problema dell'accessibilità è quello dell'accoppiamento dell'onda al plasma. Nel caso delle lunghezze d'onda inferiori a qualche centimetro è possibile lanciare l'onda nel plasma tramite particolari antenne (*microwave horns*), mentre per lunghezze d'onda maggiori il problema è più complesso e può essere risolto

con speciali strutture dette ad 'onda lenta'. È anche di notevole importanza il problema della termalizzazione della potenza assorbita: vedere cioè se il risultato è un aumento della temperatura del plasma o la produzione di una 'coda' di particelle di elevata energia. Infine, la scelta della frequenza da utilizzare per il riscaldamento deve tener conto della reperibilità di sorgenti ad elevata potenza. Per frequenze corrispondenti alle risonanze legate agli ioni, da tempo sono stati sviluppati tubi di potenza; per quelle più elevate, cioè nel campo delle risonanze elettroniche, è attualmente in corso un notevole sforzo tecnologico che sta portando ai primi soddisfacenti risultati. Sono state fatte o sono in progetto molte esperienze di riscaldamento, sia nel campo delle frequenze ioniche, sia di quelle elettroniche: lo scopo attuale è quello di inviare una potenza r.f. almeno dell'ordine di quella ohmica. Alcuni risultati ottenuti hanno mostrato un buon riscaldamento, altri hanno rivelato la tendenza di un riscaldamento di tipo superficiale. Tuttavia, mentre i problemi dell'accessibilità e delle sorgenti sono già risolti o in via di soluzione, quello della comprensione dei fenomeni di assorbimento richiede ancora sia studi teorici sia esperienze preliminari.

Il sistema di riscaldamento che ha attualmente dato i migliori risultati consiste nell'invio del plasma di un fascio di particelle neutre di elevata energia. La traiettoria di tali particelle non è disturbata dai forti campi magnetici di confinamento ed esse possono penetrare nel plasma e cedere la propria energia agli ioni ed agli elettroni. I problemi fondamentali da affrontare per l'applicazione di questo metodo sono:

1) la preparazione di una sorgente di ioni di elevata intensità e buona collimazione e del sistema di neutralizzazione degli ioni stessi;

2) l'assorbimento dell'energia del fascio di neutri da parte degli ioni e degli elettroni;

3) l'eccitazione di instabilità che influenzano le proprietà di confinamento del plasma.

La difficoltà principale di questo metodo è la disponibilità delle sorgenti: sono state attualmente sviluppate sorgenti di 1 Mwatt, 40 Kev, mentre per la futura generazione di macchine sarebbe necessario poter disporre di energie comprese tra 100 Kev ed 1 Mev. Nei Laboratori di Oak Ridge (USA), Culham (Inghilterra), e di Fontenay aux Roses (Francia) sono stati ottenuti notevoli risultati: si è praticamente avuto un raddoppio della temperatura degli ioni, lungo tutto il profilo radiale. Esistono invece ancora dei seri problemi riguardanti il riscaldamento della componente elettronica.

METODI DI DIAGNOSTICA - V

Riteniamo necessario dare almeno qualche accenno al problema della misura dei parametri fondamentali di un plasma caldo. Dobbiamo subito notare che, per plasmi prodotti da tokamak, la qualità e la quantità dei dati sperimentali attualmente disponibili non è quasi mai tale da permettere di eseguire accurati confronti con le previsioni teoriche. Tutti i metodi di diagnostica utilizzati sono stati sviluppati appositamente per misure sui plasmi: il perfezionamento di alcuni di essi ha richiesto anni di ricerche. Tuttavia l'incertezza nell'interpretazione è ancora tale che si preferisce avere almeno due metodi indipendenti per misurare ogni parametro del plasma. Un tipo di misure, in genere abbastanza semplice, è quello delle proprietà macroscopiche del plasma: la corrente totale, la posizione del centro dell'anello di plasma rispetto all'asse del sistema toroidale, il bilancio energetico globale del plasma; informazioni di questo tipo sono particolarmente utili poiché forniscono un riferimento sulla riproducibilità di una scarica. La corrente totale che fluisce nel plasma è misurabile mediante una bobina del tipo 'Rogowski', cioè un solenoide avvolto uniformemente attorno ad una sezione della corrente da misurare.

Durante la scarica la corrente, indotta dal trasformatore, partendo da zero, cresce, raggiunge una zona di '*plateau*' e poi decade.

Le corrispondenti variazioni di flusso magnetico poloidale inducono una tensione nella bobina di Rogowski; dalla misura di tale tensione si risale al valore della corrente. Basandosi sullo stesso principio e con avvolgimenti di tipo particolare è anche possibile ottenere la posizione del 'centro' della corrente e misurare il flusso del campo verticale, necessario per l'equilibrio del plasma. Sfruttando una sezione isolante, posta ad interrompere la continuità elettrica del contenitore metallico toroidale del plasma, si può risalire alla tensione indotta sull'anello di plasma (*loop voltage*). La conoscenza della corrente e della tensione permettono di valutare la potenza ohmica di 'ingresso' sul plasma. Il plasma è un mezzo diamagnetico: ciò fa sì che in esso si generi una corrente poloidale diamagnetica che produce una variazione del campo magnetico toroidale. Una bobina, avvolta attorno alla circonferenza minore del plasma, può misurare la corrispondente variazione di flusso magnetico. Su questo effetto si basano le 'bobine diamagnetiche', per mezzo delle quali è possibile avere una valutazione dell'energia che le particelle posseggono perpendicolarmente al campo magnetico toroidale. Un altro tipo di diagnostica macroscopica consiste nella misura dell'energia irradiata globalmente dal plasma, eseguita mediante termopile o bolometri posti sulla parete del contenitore. Il problema di base è la scelta dell'elemento sensibile del bolometro, che deve rispondere alle varie frequenze della radiazione emessa e deve possedere particolari requisiti di soglia in energia e di tempo di risoluzione.

Altri tipi di diagnostiche forniscono il valore, il profilo radiale e le fluttuazioni della densità elettronica $n_e\,(r, t)$, della temperatura elettronica $T_e\,(r, t)$, e di quella ionica $T_i\,(r, t)$. È anche possibile avere una valutazione della densità dei neutri e delle impurità presenti nel plasma. La rilevazione della radiazione elettromagnetica diffusa da un plasma e la misura del suo spettro possono portare a determinare la funzione di distribuzione degli elettroni, ed in particolare la loro densità e temperatura, senza introdurre significative perturbazioni al plasma stesso. La frequenza dell'onda inviata sul plasma deve essere superiore alle frequenze caratteristiche del plasma stesso: in tal caso l'indice di rifrazione del plasma risulta prossimo all'unità e possono essere trascurati effetti di rifrazione ed assorbimento.

Come sorgente di radiazione si può utilizzare un laser o un generatore di microonde in banda millimetrica. In base allo stesso principio, con un dispositivo sperimentale più sofisticato, è possibile risalire all'intensità delle fluttuazioni presenti nel plasma dalla misura della diffusione coerente della luce laser. In questo caso la diffusione, anziché essere dovuta agli elettroni che ad essa contribuiscono indipendentemente l'uno dall'altro (diffusione incoerente), è un effetto delle loro correlazioni.

La temperatura elettronica può essere anche misurata con continuità durante la scarica analizzando l'emissione di raggi X 'molli', cioè con energie massime dell'ordine di 50-100 Kev, emessi dal plasma per radiazione di *Bremsstrahlung* e di ricombinazione. L'informazione che si ottiene è indicativa della massima temperatura elettronica presente sulla linea di osservazione. La densità elettronica ed il suo profilo radiale sono anche ottenibili realizzando un interferometro a microonde. Il metodo permette, dalle variazioni di fase che il segnale subisce attraversando il plasma lungo una certa linea di osservazione, di risalire al valor medio della densità elettronica. Essenziale per plasmi a caratteristiche termonucleari è anche la misura della temperatura degli ioni, che viene eseguita tramite l'analisi delle particelle neutre energetiche che nascono da scambio di carica degli ioni del plasma con atomi del gas neutro. Tali particelle, non interagendo con i campi elettrici e magnetici presenti, possono facilmente uscire dal plasma. Esse vengono riionizzate, per permetterne la misura, ed inviate poi ad un rivelatore. Calibrando il sistema è possibile ottenere una stima della temperatura più alta posseduta dagli ioni sulla linea di osservazione. Questo metodo tuttavia

non può essere utilizzato in macchine ad elevata densità e grande raggio minore, in quanto i neutri veloci provenienti dalle zone centrali vengono riionizzati prima di giungere alle pareti. La misura di T_i può anche essere fatta tramite lo studio dei neutroni prodotti per reazioni di fusione in plasma di deuterio. Il processo, che deve comunque essere discriminato dalle altre possibili cause di produzione di neutroni, come ad esempio la foto-dissociazione dei deutoni, porta ad una buona valutazione di T_i per plasmi in cui la distribuzione di energia sia maxwelliana. La densità di neutri all'interno del plasma può essere valutata dalla misura dell'intensità della riga H_α emessa dagli atomi di idrogeno presenti nel plasma. Un altro parametro di notevole interesse ottenuto mediante misure di spettroscopia è la concentrazione delle impurezze. Nel plasma del tokamak infatti insieme agli ioni del gas di riempimento sono presenti anche ioni provenienti da elementi della parete e del '*limiter*'. È importante conoscere il tipo e la quantità di impurità presenti nel plasma: esse influenzano infatti notevolmente il bilancio energetico e di massa, la densità del plasma, i profili di temperatura e di corrente e quindi le proprietà di stabilità della scarica.

Non esistono ancora metodi diretti per misurare l'andamento radiale della densità di corrente e quindi il campo poloidale. Un metodo in sviluppo consiste nell'iniettare nel plasma un fascetto di ioni veloci e nel misurarne le traiettorie.

Dalla panoramica dei metodi di diagnostica risulta chiaro l'impegno scientifico e tecnologico necessario per costruire il quadro dei parametri e del comportamento di un plasma termonucleare. Tale quadro risulta indispensabile al fine di fornire elementi utili per il progetto di più avanzate macchine toroidali.

PROGRESSI VERSO LA FUSIONE - VI

Notevoli passi sono stati compiuti negli ultimi anni verso la realizzazione di un esperimento di fusione termonucleare controllata: dalle prime macchine, in cui il plasma rimaneva confinato per tempi estremamente brevi ($\sim \mu$ sec) ai tokamak vi sono stati continui progressi nei valori del prodotto $n\tau$ ed in quelli della temperatura del plasma. I laboratori attualmente alla avanguardia nelle ricerche con plasmi confinati sono il Plasma Physics Laboratory a Princeton (USA), il Massachusetts Institute of Technology a Cambridge (USA), l'Istituto Kurchatov a Mosca, l'Istituto di Fisica del Plasma della Università di Nagoya (Giappone), ed i Laboratori associati alla EURATOM, fra cui quelli di Fontenay-aux-Roses (Francia), Garching (Germania), Culham (Inghilterra) e Frascati.

I principali risultati sperimentali sino ad ora raggiunti, insieme con quelli previsti per le grosse macchine in fase di progettazione, sono riportati nella Fig. 10 sul piano ($n\tau$, T). La regione in alto a destra indica la 'terra promessa' cioè la zona in cui è soddisfatto il criterio di Lawson.

Allo scopo di mettere in evidenza il fruttuoso cammino percorso, nella Fig. 11 sono riportati i più significativi valori raggiunti per il prodotto $n\tau$ e per la temperatura del plasma T dal 1965 in poi. Sebbene un'immediata estrapolazione delle curve rappresentate non sia del tutto giustificata, è lecito tuttavia sperare, che con il ritmo attuale delle ricerche sulla linea intrapresa, ulteriori progressi possano avvenire nell'immediato futuro, e che si possa raggiungere la dimostrazione della fattibilità prima della fine del secolo.

Abbiamo già notato le difficoltà che si incontrano nell'interpretazione teorica dei dati sperimentali: alcune di esse derivano dalla complessità insita nel comportamento del plasma ed altre dal fatto che le misure sperimentali possono essere alterate da fattori esterni al plasma, per i quali i consueti modelli teorici non sono applicabili. È possibile d'altra parte ricavare dai numerosi dati sperimentali a nostra disposizione delle leggi empiriche di comportamento, o leggi di scala, relative ai parametri fondamentali che caratterizzano il plasma. Basandosi su queste leggi e sulle previsioni teoriche, valide

per i plasmi termonucleari, si sta procedendo alla realizzazione di grosse macchine di tipo tokamak, che entreranno in funzione negli anni '80. Il loro obiettivo sarà appunto quello di verificare l'estrapolabilità delle attuali leggi di scala. Ci limitiamo qui a citare, quale esempio di legge di scala ottenuta interpolando dati sperimentali provenienti da diverse macchine, la proporzionalità del tempo di confinamento dell'energia τ alla densità del plasma n. Questa legge, se si dimostrerà estrapolabile, costituirà un buon presupposto per soddisfare il criterio di Lawson.

La problematica e lo stato dell'arte delle ricerche sui plasmi confinati magneticamente sono stati l'oggetto del *Course and Workshop on Theory of Magnetically Confined Plasmas* organizzato, durante il Settembre 1977, nell'ambito delle manifestazioni per il centocinquantesimo anniversario della morte di Alessandro Volta, dalla International School of Plasma Physics. Il Corso ed il Workshop, tenuti alla Villa Monastero di Varenna, hanno richiamato un centinaio di esperti provenienti dai maggiori centri internazionali. Argomenti principali del corso sono stati l'equilibrio e la stabilità magnetoidrodinamica, il trasporto anomalo, la simulazione numerica, e il confronto critico fra i risultati sperimentali e le previsioni teoriche. Dalle ampie discussioni tenute sono emerse delle indicazioni su alcuni cruciali problemi quali:

— la determinazione teorica della massima temperatura raggiungibile dal plasma compatibilmente con la condizione di equilibrio magnetoidrodinamico;

— la comprensione del meccanismo di conduzione termica degli elettroni perpendicolare al campo magnetico. Essa risulta sperimentalmente essere circa 40 volte superiore a quella prevista teoricamente;

— la comprensione dell'evoluzione non lineare delle cosiddette instabilità disruptive che nelle attuali macchine rappresentano il limite del confinamento del plasma;

— la dinamica delle impurezze presenti nel plasma, e la loro influenza sulla stabilità e il riscaldamento;

— la compatibilità delle leggi di scala indotte sperimentalmente con le proprietà generali delle equazioni che descrivono il plasma;

— lo studio dell'assorbimento dell'energia delle particelle α prodotte dalle reazioni di fusione.

Scaturisce inoltre, dalle discussioni tenute a Varenna, che la comprensione dei punti sopra indicati deve comunque essere accompagnata da più raffinate misure sperimentali sulle macchine esistenti. In particolare è necessario sviluppare nuove diagnostiche per la misura del campo magnetico poloidale, della temperatura ionica e delle fluttuazioni presenti nel plasma. Per quanto riguarda il riscaldamento, oltre alla necessità di sviluppare i metodi a radiofrequenza e a iniezione di particelle neutre, rendendoli applicabili a macchine di maggiori dimensioni, risulta essenziale trovare gli estremi limiti del riscaldamento ohmico sui tokamak con elevati campi magnetici.

In conclusione vogliamo accennare all'impatto che le ricerche fusionistiche, indipendentemente dal loro successo finale, hanno con gli altri campi della fisica. La fisica del plasma, sviluppatasi rapidamente nel giro di una ventina d'anni, costituisce il miglior esempio di come un sistema fisico, la cui dinamica interna sia in linea di principio perfettamente e classicamente descrivibile, possa sviluppare 'moduli' di comportamento del tutto imprevedibili. Ad esempio, i processi non lineari che avvengono in un plasma, costituiscono una finestra aperta sul panorama ancora confuso del comportamento non lineare dell'insieme radiazione-materia, e fanno intravvedere arditi e oscuri legami formali fra il comportamento classico e quello quantistico, nonché suggestive analogie con il comportamento dei sistemi biologici.

È da osservare che, nonostante il progresso compiuto sino ad ora, la fusione rimane attualmente un problema scientifico: non è ancora possibile progettare, sia pure concettualmente, un reattore che sia sicuramente in grado di funzionare. Ciò significa che qualcosa di fondamentale ancora sfugge alla

nostra indagine, a dispetto dell'aiuto che la fisica e le tecnologie più avanzate ci possono dare. Per le osservazioni e le installazioni sperimentali si stanno infatti usando conoscenze d'avanguardia nel campo della superconduttività, della neutronica, della fisica atomica, delle tecniche r.f., della fisica dei solidi e così via.

È in questa situazione di sfida continua che consiste forse la principale attrattiva della fusione.

R. P. e E. S.

Tradotto dagli Autori

BIBLIOGRAFIA

ARTSIMOVICH, L. A., *Controlled Thermonuclear Reactions*, Gordon and Breach, New York, 1964.

ARTSIMOVICH, L. A., *Configurations de Plasma Fermées*, Presses Universitaires de France, Paris, 1968.

COPPI, B., LEOTTA, G., POZZOLI, R., SINDONI, E. and STRINGER, T. (eds.), *Course on Theory of Magnetically Confined Plasmas*, Varenna, Settembre 1977, EURATOM, 1978.

EUBANK, H. and SINDONI, E. (eds.), *Course on Plasma Diagnostics and Data Acquisition Systems*, Varenna, Settembre 1975, Editrice Compositori, Bologna, 1975.

KAMMASH, T., *Fusion Reactor Physics. Principles and Technology*, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, 1975.

KRALL, N. A. and TRIVELPIECE, A. W., *Principles of Plasma Physics*, McGraw-Hill, New York, 1973.

Thomas Kuhn e il libro della natura*

ENRICO BELLONE
Università di Genova

« Ho la tentazione di credere all'esistenza di due Thomas Kuhn. $Kuhn_1$ è l'autore del presente saggio [...]. Egli ha inoltre pubblicato, nel 1962, un libro dal titolo *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* [...]. $Kuhn_2$ è l'autore di un altro libro che ha lo stesso titolo. Si tratta del libro che viene ripetutamente citato da Sir Karl Popper, nonché dai professori Feyerabend, Lakatos, Toulmin e Watkins. Il fatto che entrambi i libri abbiano lo stesso titolo non può essere, nell'insieme, un fatto accidentale, poiché i punti di vista che essi presentano spesso si sovrappongono e, in ogni caso, vengono espressi con le stesse parole. La mia conclusione è che, di solito, le questioni centrali dei due libri sono comunque del tutto diverse fra di loro. Nei termini in cui viene presentato dai suoi critici (ma il testo originale, sfortunatamente, non è mai stato a mia disposizione) $Kuhn_2$ sembra a volte sostenere delle tesi che sovvertono alcuni aspetti fondamentali della posizione delineata dal suo omonimo »[1].

Così si esprimeva Thomas Kuhn dopo il *Colloquium* internazionale di filosofia della scienza svoltosi a Londra nel 1965. A suo avviso, dunque, la maggior parte del vivace dibattito sorto dopo la pubblicazione de *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* era caratterizzata dal formarsi di critiche e di considerazioni polemiche i cui bersagli non erano individuabili e ricostruibili se non attraverso la congettura sull'esistenza di almeno due Kuhn. L'argomento relativo alle differenze tra il libro di $Kuhn_1$ e il libro di $Kuhn_2$ era, e rimane tutt'ora, un argomento stimolante. Esso può, ad esempio, illuminarci a proposito di certi aspetti eccessivamente qualitativi della discussione sorta a seguito della pubblicazione de *La struttura*: aspetti che, come ha osservato W. Stegmüller, hanno forse le loro radici più profonde nella consuetudine all'uso di un linguaggio intuitivo e perciò carente di forza chiarificatrice[2]. D'altra parte la metafora sui due Kuhn può diventare un mezzo particolarmente adatto a cogliere alcuni problemi che ora lo stesso Kuhn ha deciso di mettere a fuoco nel recente volume intitolato *The Essential Tension*: quei problemi la cui soluzione è opportuna al fine di individuare le ragioni per cui, come ribadisce Kuhn nella breve *Prefazione,* alcune categorie enunciate ne *La struttura* hanno poi avuto, negli anni, una sorta di vita propria, diventando occasioni per fraintendimenti. In attesa che sia disponibile l'ultimo lavoro kuhniano

sulla storia della meccanica quantistica può pertanto essere di una certa utilità leggere *The Essential Tension* tenendo presenti due punti di riferimento: da un lato, la metafora su $Kuhn_1$ e $Kuhn_2$, e, dall'altro lato, alcuni aspetti del dibattito che, di recente, ha visto impegnati Sneed, Stegmüller, Thomas Kuhn e Feyerabend. Questa lettura si propone come fine quello di riesaminare un aspetto particolare del problema dell'incommensurabilità in rapporto al tema kuhniano della traduzione. Un primo risultato ottenibile è forse il seguente: la tentazione che sta al cuore delle metodologie normative e che stimola alcuni storici a costruire narrazioni inventate (con note a pié di pagina dove si esorcizza la storia 'reale') trae conforti eccessivi dalla critica esercitata contro $Kuhn_2$ — ma un riesame di ciò che secondo Thomas Kuhn è contenuto nelle pagine scritte da $Kuhn_1$ può liberare lo storico da alcuni miti metodologici e fornire argomentazioni atte a contribuire ad uno sviluppo proficuo delle ricerche in storia della scienza.

A proposito dell'*incommensurabilità* tra teorie scientifiche molto si è scritto, in questi ultimi anni: e, in particolare, molto si è scritto attorno alla relazione filosofica che Kuhn avrebbe (implicitamente) inserito tra l'incommensurabilità tra teorie separate da una rivoluzione scientifica e una visione sostanzialmente irrazionalistica dello sviluppo del sapere e dei criteri di scelta usati da scienziati singoli o da comunità scientifiche per *decidere* tra teorie diverse. In effetti, forse, la maggior parte dei critici di Kuhn ha qui trovato un terreno fertile per attribuire a $Kuhn_2$ la paternità di numerosi buchi nella razionalità dell'impresa scientifica. Nella Prefazione a *The Essential Tension* l'autore rileva, rinviando ad uno degli scritti (sino ad oggi non pubblicato, se non nel volume stesso) raccolti nel libro, che l'accusa secondo cui *La struttura* è una fonte di enunciati convergenti nella difesa di un soggettivismo spiccato nella scelta tra teorie è un'accusa che va collocata nel quadro delle incomprensioni. Chi scrive queste brevi note non può fare a meno, dopo la lettura di *The Essential Tension*, di concordare con Kuhn per quanto riguarda la facilità con cui $Kuhn_2$ è stato sovrapposto a $Kuhn_1$, soprattutto dopo il *Colloquium* del 1965. Ma è tuttavia presente, in tale facilità, un aspetto non secondario. Basti qui pensare alla disinvoltura che ha caratterizzato i tentativi di un certo marxismo di miscelare paradigmi e consenso in comunità scientifiche con alcune citazioni marxiane appositamente ritagliate dai classici della filosofia, con lo scopo di inserire fattori esterni di varia e fantasiosa natura nel cuore stesso delle rivoluzioni scientifiche. Queste *facilità*, insomma, una volta messe accanto a quelle che Kuhn denunciava attraverso la metafora di $Kuhn_1$ e $Kuhn_2$, fanno riflettere: possono esse venire completamente attribuite agli occhiali filosofici di chi ha costruito immagini false dei problemi a suo tempo affrontati ne *La struttura* e poi discussi, negli anni successivi al 1962, in sedi diverse? Ebbene, è lo stesso Kuhn, molto opportunamente, a rispondere a parte degli interrogativi che la precedente domanda potrebbe mettere in campo. Nel replicare a

Sneed e a Stegmüller, il nostro autore aveva sostenuto la necessità di dare a certe questioni già trattate in precedenza una forma in qualche modo più rifinita[3]. In tale occasione Kuhn osservava che il termine 'incommensurabilità' è tratto dalla matematica. « L'ipotenusa di un triangolo rettangolo isoscele è incommensurabile rispetto a un lato, ma i due possono essere comparati fra di loro entro qualsivoglia grado di precisione », scrive Kuhn, e così commenta: « ciò che manca non è la comparabilità, ma una unità di lunghezza in termini della quale entrambi possano essere misurati direttamente ed esattamente ». Nel parlare di incommensurabilità fra teorie, Kuhn intendeva sottolineare la mancanza di un « linguaggio comune » nel cui ambito le teorie in questione potessero essere « completamente espresse ». Così posto, il problema dell'incommensurabilità (e delle sue conseguenze) differisce dal quadro a suo tempo enunciato ne *La struttura*. Ma si tratta di differenze che implicano, a loro volta, un riesame più profondo del problema della traduzione nei suoi termini generali: se non esiste — *se non è storicamente dato* — un linguaggio comune capace di esprimere *completamente* teorie distinte (e incommensurabili), con quali criteri gli scienziati e le comunità scientifiche decidono di scegliere tra teorie diverse? In fin dei conti, come osserva Feyerabend, non basta essere *contro* le filosofie che puntano a prescrivere delle norme infallibili per la guida dell'attività scientifica: molte volte « la ricerca è guidata da decisioni concrete che sono inventate lì per lì, piuttosto che da regole generali discusse in precedenza, anche se gli scienziati, i quali sono inquinati da normatività varie come ogni altra persona, proveranno a derivare simili decisioni da regole generali dopo che le cose si sono verificate, rendendo in tal modo le loro scoperte assai meno rivoluzionarie di quanto siano realmente »[4]. D'altra parte si può sempre puntare, in sostituzione di un « linguaggio comune » non rintracciabile come storicamente dato, su linguaggi e metodologie cui si regali la virtù filosofica di essere stabili, onnicomprensive e prive di storia: ma, così facendo — o, meglio, così sperando all'interno di purgatori normativi — ben difficilmente si potrebbe approdare a soluzioni che, per quanto riguarda la ricerca storica sulle scienze reali, vadano al di là di stimoli epistemologici a costruire ricostruzioni razionali che mettano metodologicamente nelle note a piè di pagina gli eventi scomodi. Aveva insomma ragione Thomas Kuhn nell'invitare Lakatos a meditare attorno alla necessità di rimettere in discussione quelle posizioni filosofiche dalle quali si traevano argomenti a favore di narrazioni storiche centrate su punti inventati.

È sempre nella Prefazione a *The Essential Tension* che Thomas Kuhn vuole, a mio avviso, riaprire la discussione sull'incommensurabilità: ma la vuole riaprire non solo e non tanto per poter alla fine disporre di un elenco di cattive interpretazioni di ciò che a suo tempo scrisse Kuhn_1 e che altri attribuirono a Kuhn_2, quanto e soprattutto per indicare che « i problemi dell'incommensurabilità e della comunicazione parziale dovrebbero essere trattati in un altro modo ». Orbene, se la risposta kuhniana a Sneed e Stegmüller già contribuisce parzialmente a inqua-

drare quell'« altro modo », è soprattutto il penultimo saggio kuhniano pubblicato per la prima volta in *The Essential Tension* quello che forse offre maggiori prospettive attorno al nostro problema.

In tale saggio, significativamente intitolato *Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice* e ricavato da una conferenza svolta da Kuhn alla Furman University nel 1973, viene ripresa la controversa tesi de *La struttura* che non poco ha contribuito a far nascere $Kuhn_2$: la tesi secondo la quale i singoli scienziati, posti di fronte alla scelta se abbandonare o meno un paradigma, debbono risolvere dei problemi decisionali che non sono risolubili *by proof*. Orbene, qualora l'analisi storica mostri che quei problemi decisionali non furono risolti *by proof*, si apre conseguentemente il campo a indagini che riguardano altre forme dell'argomentazione influente sulle scelte, quali ad esempio le forme che sono collegate a opportune tecniche di persuasione e che non sono comunque legate a criteri o norme vincolanti in senso 'logico'. Il che, ovviamente, non riguarda solamente le scelte volte ad abbandonare un paradigma o una teoria avente un glorioso passato, ma anche quelle scelte che spingono a rimanere fedeli a teorie 'vecchie' e ostili a teorie 'nuove'. Tutto ciò porta, ad esempio, a prendere in considerazione l'influenza che, a livello di scelte, può essere stata esercitata dalle cosiddette decisioni del gruppo scientifico: decisioni che possono avere esercitato la funzione di *criteri*.

Come lo stesso Kuhn ricorda, l'aprirsi di tale problematica ha sollecitato accuse durissime. E basti qui ricordare, con Kuhn, la critica di Lakatos, secondo la quale le tesi kuhniane contribuivano a far prevalere, nella crescita del sapere, argomentazioni che erano invece caratteristiche della « psicologia della plebaglia »: una critica, questa, che Kuhn sembra giudicare come 'paradigmatica' dei fraintendimenti sorti attorno alle posizioni enunciate in proposito ne *La struttura*.

Le precisazioni che Kuhn offre al fine di erodere il terreno dei fraintendimenti tendono costantemente a sottolineare un fatto: esistono certamente (e sono comunque ricostruibili) dei canoni alla luce dei quali l'impresa scientifica merita di essere definita 'scientifica', ma l'elencazione di tali canoni non è *sufficiente* per determinare le decisioni dei singoli scienziati — dove, per decisioni, si deve intendere il complesso delle scelte effettivamente compiute in determinate situazioni storicamente date. Da questo punto di vista è innegabile, ad esempio, che la scelta di Keplero a favore del copernicanesimo fu prodotta in un contesto reale che implicava fattori connessi ai movimenti neoplatonici e ermetici.

Assodato questo, rimane un fatto ben preciso. Nella terminologia standard della filosofia (della scienza) le precisazioni kuhniane si leggono usualmente in termini di separazione tra fattori oggettivi e fattori soggettivi. E, come nota Kuhn, i critici del punto di vista kuhniano hanno spesso e volentieri sottolineato il peso (eccessivo) che $Kuhn_2$ darebbe ai fattori soggettivi, a tutto scapito dei fattori oggettivi.

A livello di descrizione di eventi non esiste molto spazio per negare alcune tesi kuhniane. In effetti, le critiche sono venute sul piano filosofico, in

quanto il rilievo dato ai cosiddetti fattori soggettivi apre pericolose fessure in certi schemi tradizionali della razionalità scientifica. Ma, a questo punto, legittimamente Kuhn può porre ai filosofi della scienza alcune domande: « Come hanno potuto i filosofi della scienza trascurare così a lungo quei fattori soggettivi che, come essi stessi affermano, entrano regolarmente nelle scelte tra teorie che i singoli scienziati compiono effettivamente? ». E ancora: « Per quali motivi tali elementi sono sembrati [ai filosofi della scienza] come semplici indici dell'umana debolezza, del tutto svincolati dalla natura della conoscenza scientifica? »[5].

Naturalmente alcuni filosofi della scienza potrebbero rispondere invocando la speranza di giungere (in tempi finiti) all'individuazione di un algoritmo capace di coprire (e spiegare) tutte le modalità singole delle scelte storicamente fatte da scienziati di fronte a teorie contrastanti. Anche un ideale, tuttavia, deve sottostare a condizioni di credibilità. L'elaborazione di un algoritmo standard per le procedure decisionali attorno a questioni scientifiche sembra fare appello, « implicitamente o esplicitamente, alla ben nota distinzione tra contesto della scoperta e contesto della giustificazione ». Chi fa un simile appello, come osserva Kuhn, è disposto ad ammettere che i fattori soggettivi (processi intuitivi?) giocano un ruolo nella scoperta o nell'invenzione di nuove teorie: ma sostiene poi, sino in fondo, che l'oggettività predomina nei processi mediante i quali le teorie sono valutate. La speranza di costruire filosoficamente un algoritmo generale può dunque crescere unicamente nel terreno della giustificazione, lasciando il contesto della scoperta all' ' umana debolezza ', al dominio incontrollato delle intuizioni? Lasciando a parte la questione relativa al fatto che una simile posizione non è conforme a quanto sappiamo a proposito di quelle che Kuhn chiama osservazioni della vita scientifica, rimane comunque in discussione il fatto stesso di invocare una distinzione tra contesto della scoperta e contesto della giustificazione.

Secondo Kuhn, i filosofi della scienza tendono a ipersemplificare le situazioni di scelta presentando, ad esempio, alcuni esperimenti di tipo standard quali quelli relativi al pendolo di Foucault o alle misure di Fizeau. Così facendo, tuttavia, essi tendono altresì a modellare le riflessioni sul ruolo di tali esperimenti secondo le linee generali che presiedono alla compilazione dai manuali di fisica, senza tenere nel dovuto conto il fatto che il contesto della pedagogia differisce da quello della giustificazione come da quello della scoperta. È vero che certi esperimenti notevoli si presentano come « paradigmi di buone ragioni per una scelta scientifica », come « veicoli per la trasmissione di criteri di scelta ». Ma essi, nota Kuhn, hanno soprattutto un'altra caratteristica comune: « Nell'epoca in cui furono eseguiti, nessuno scienziato aveva bisogno di essere convinto della validità della teoria che oggi si vuole dimostrare mediante i loro risultati ». Ci troviamo, insomma, di fronte a ipersemplificazioni: e, d'altra parte, tali ipersemplificazioni non ci possono far dimenticare « la piena complessità fattuale » delle situazioni storiche in cui certi esperimenti furono progettati ed eseguiti. È certamente vero che gli storici « non pre-

tendono di trattare la piena complessità fattuale delle situazioni che stanno descrivendo », ma è altrettanto vero che certe semplificazioni sono vere e proprie mutilazioni che rendono *non problematica* la questione della scelta. La mutilazione consiste nell'eliminare parti essenziali del problema della scelta così come è storicamente dato, e cioè dato in modo tale da poter sostenere ragionevolmente e documentatamente l'esistenza di « alcune buone ragioni per ciascuna scelta possibile »: il che implica che si hanno delle considerazioni rilevanti per il contesto della scoperta le quali sono altresì rilevanti per il contesto della giustificazione.

È dunque legittimo, da parte di Kuhn, difendere il punto di vista secondo il quale le scelte compiute dagli scienziati tra teorie in competizione dipendono non solo da criteri che i critici di Kuhn_2 usualmente definiscono come 'oggettivi', ma anche da fattori dipendenti dalla particolare biografia del singolo ricercatore, dalla sua personalità. Fattori, questi ultimi, che i critici di Kuhn_2 hanno definito come 'soggettivi', facendo in tal modo leva sull'irrazionalismo di cui Kuhn_2 sarebbe uno strenuo propagandista. Eppure, « quando si devono introdurre dei fattori dipendenti dalla biografia del singolo o dalla sua personalità al fine di rendere applicabili dei valori » capaci di influenzare le scelte e le decisioni, *non si mettono da parte gli standards*: la discussione kuhniana attorno alla scelta « indica alcune limitazioni dell'oggettività, senza tuttavia isolare degli elementi realmente soggettivi », e senza *sottolineare* il fatto che si tratti di limitazioni. « L'oggettività dovrebbe essere analizzabile in termini di criteri quali l'accuratezza e la consistenza. Se tali criteri non ci offrono la guida che usualmente abbiamo creduto di poter avere da parte loro, allora i miei argomenti forse mostrano il significato dell'oggettività piuttosto che i suoi limiti ».

Diventa a questo punto possibile, per Kuhn, riprendere l'annoso problema del rapporto (storicamente dato) che di volta in volta si istituisce tra scienziati che lavorano attorno a teorie diverse. « La comunicazione [tra questi scienziati] — osserva Kuhn — si realizza mediante la traduzione, il che fa sorgere tutte le difficoltà che sono familiari nella traduzione ». Nei vocabolari messi in campo esistono termini che funzionano nello stesso modo. Ma esistono altri termini che funzionano in modi diversi — basti pensare a 'forza', 'materia', 'composto', eccetera. In proposito Kuhn ribadisce l'esistenza di limiti significanti che delimitano ciò che è comunicabile fra scienziati che sostengono teorie diverse: sono quei limiti, emergenti dalla natura stessa dei vocabolari, quelli che rendono difficile o impossibile l'operazione secondo la quale un singolo ricercatore potrebbe confrontare *punto per punto* due teorie (competitive) fra di loro e con la natura. Ed è proprio questa caratteristica del confronto a rendere peculiare il processo conoscitivo e a far dipendere da una simile peculiarità la stessa appropriatezza di una parola come 'scelta'.

La traduzione e la struttura dei vocabolari storicamente dati appaiono, in queste pagine kuhniane, come gli elementi centrali per spostare i termini di un ormai annoso dibattito centrato su alcune dicotomie filosofica-

mente costruite sulla base di fraintendimenti: $Kuhn_1$ e $Kuhn_2$, 'oggettività' e 'soggettività', 'valori' e 'norme', eccetera.

Se ora torniamo alla Prefazione di *The Essential Tension* possiamo, forse, meglio comprendere una tesi sottolineata più volte da Kuhn: « Le discussioni tradizionali sul metodo scientifico hanno cercato di enunciare un insieme di regole che dovrebbero permettere ad ogni *individuo* che le segue di produrre conoscenza legittima. Io ho tentato di insistere, invece, sul fatto che la conoscenza scientifica, pur essendo praticata da individui, è intrinsecamente un prodotto di *gruppo*, e che la sua peculiare efficacia e la maniera stessa in cui si sviluppa non saranno mai capiti senza far riferimento alla speciale natura del gruppo che la produce. In questo senso il mio lavoro è stato profondamente sociologico, ma non in modo tale da consentire una separazione tra l'argomento in questione e l'epistemologia ».

Si riapre in tal modo il problema che Kuhn, ancora una volta, riprende in considerazione pubblicando, in *The Essential Tension*, un saggio del 1961 intitolato *The Function of Measurement in Modern Physical Science*. Il problema, che stava altresì al centro de *La struttura*, è quello che sorge qualora si ammetta che le innovazioni e i mutamenti nelle teorie scientifiche non sono semplicemente delle aggiunte a ciò che complessivamente già si conosce. Riprendendo la nota immagine del libro galileiano della natura, si può forse commentare la tesi kuhniana nel seguente modo: il libro (galileiano) della natura è un testo che si sfoglia pagina dopo pagina, e l'accumularsi delle pagine già analizzate intensivamente rappresenta la crescita del sapere, nel senso che le conoscenze già acquisite e raccolte non sono più suscettibili di variazioni profonde; il libro della natura che emerge nel processo storico di costruzione della rivoluzione scientifica è invece un libro tale che, per ogni nuova pagina che viene affrontata, ci obbliga a rileggere e a reinterpretare il complesso delle pagine 'vecchie'. Non vi è più accumulazione, dunque, ma ristrutturazione.

In questo senso la questione della traduzione incompleta e della comunicazione parziale tra sostenitori di teorie diverse diventa una questione dominante rispetto alle sottili questioni invocate contro $Kuhn_2$ dai sostenitori delle metodologie normative. Le decisioni che i singoli studiosi e/o le comunità scientifiche assumono rinviano non solo alle norme cristalline della razionalità individuate dalle scuole filosofiche, ma rinviano *anche* ad altre procedure decisionali che non rientrano negli abiti stretti di quelle norme. Lo storico della scienza può decidere, a sua volta, di ignorare queste altre procedure decisionali: ma ben difficilmente egli potrà giustificare una simile scelta sostenendo, contro $Kuhn_2$, che si tratta di procedure irrilevanti in chiave epistemologica. Contro le tesi di $Kuhn_2$ si dovrebbe invece scegliere di concedere a $Kuhn_1$ lo spazio che *The Essential Tension* reclama: il rischio che si corre nel respingere a priori tale spazio è quello di lasciare il contesto della scoperta alla mercé dell''umana debolezza' — e si tratta di un rischio troppo grande per ogni punto di vista che si proclama razionalista.

Complessivamente Kuhn invita il lettore ad una rilettura più meditata di certe pagine del suo classico *La struttura*: e, nei limiti in cui una simile rilettura necessariamente incontra in quanto connessa al problema su $Kuhn_1$ e $Kuhn_2$, l'invito kuhniano pone di per sé un nuovo problema di traduzione. In tale quadro, comunque, si possono rilevare due punti. In primo luogo, il fatto di respingere $Kuhn_2$ e di eliminare alcune delle obiezioni che lo stesso $Kuhn_2$ aveva attirato attorno a sé, implica l'apertura di posizioni a partire dalle quali sia più agevole difendere la storia della scienza da certe pretese avanzate in sede di metodologie normative. E ciò significa, anche e soprattutto, liberare gli storici dall'ipoteca filosofica secondo la quale le ricostruzioni storiche funzionano *soltanto* come esempi confortanti per punti di vista epistemologici che si ritengono assodati. In secondo luogo, molte pagine di *The Essential Tension* — e non solo quelle qui citate e commentate — sollevano problemi ulteriori, quali il seguente: la mancanza di un linguaggio comune storicamente dato pesa, di volta in volta, su quelle situazioni in cui gli scienziati tentano di confrontare *punto per punto* teorie diverse per poi decidere e scegliere — ma la stessa mancanza non pesa ancor più fortemente nelle procedure stesse che i singoli studiosi seguono di volta in volta per costruire una certa teoria? Cosa significa, in altre parole, l'affermazione secondo cui un Maxwell ha tradotto matematicamente le concezioni di un Faraday?

E. B.

* KUHN, T.S. - THE ESSENTIAL TENSION
Selected Studies in Scientific Tradition and Change
The University of Chicago Press, Chicago, 1977
XXIII+366 pp.

BIBLIOGRAFIA

1 T. S. KUHN, *Reflections on My Critics*, in *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1974, p. 231.
2 W. STEGMÜLLER, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer-Verlag, New York, 1976.
3 T. S. KUHN, *Theory-change as Structure Change: Comments on the Sneed Formalism*, Erkenntnis, 10, 1976, pp. 179-199.
4 P. FEYERABEND, *Changing Patterns of Reconstruction*, Brit. J. Phil. Sci., 28, 1977. pp. 351-382, nota 3 a p. 367.
5 T. S. KUHN, *Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice*, in *The Essential Tension*, pp. 325-326.

Thomas Kuhn and the Book of Nature*

ENRICO BELLONE
Università di Genova

«I am tempted to posit the existence of two Thomas Kuhns. $Kuhn_1$ is the author of this essay [...]. He also published in 1962 a book called *The Structure of Scientific Revolutions* [...]. $Kuhn_2$ is the author of another book with the same title. It is the one cited repeatedly by Sir Karl Popper as well as by Professors Feyerabend, Lakatos, Toulmin and Watkins. That both books bear the same title cannot be altogether accidental, for the views they present often overlap and are, in any case, expressed in the same words. But their central concerns are, I conclude, usually very different. As reported by his critics (his original has unfortunately been unavailable to me), $Kuhn_2$ seems on occasion to make points that subvert essential aspects of the position outlined by his namesake»[1].
This is how Thomas Kuhn expressed himself after the International Colloquium on philosophy of science which took place in London in 1965. Thus in his view, most of the lively debate that arose after the publication of *The Structure of Scientific Revolutions* was characterized by criticism and polemical views whose targets could not be identified and reconstructed without conjecturing on the existence of at least two Kuhns. The argument about the differences between the book by $Kuhn_1$ and $Kuhn_2$ was, and still is, stimulating. It can, for example, enlighten us about certain excessively qualitative aspects of the discussion that arose after the publication of *The Structure*. As Stegmüller observed, the deepest roots of these aspects lie in the custom of using an intuitive language which thus lacks the power of clarity[2]. On the other hand, the metaphor of the two Kuhns can become a particularly suitable means of approaching certain problems on which Kuhn himself decided to focus in his recent volume entitled *The Essential Tension*. These are problems whose solution is useful in order to identify the reasons why, as Kuhn remarks in his brief preface, certain categories established in *The Structure* acquired a kind of life of their own and then become opportunities for misunderstandings.
While waiting for Kuhn's latest work on the history of quantum mechanics, it could be useful to read *The Essential Tension* keeping two points in mind: first, the metaphor of $Kuhn_1$ and $Kuhn_2$, and second, certain aspects of the debate that has recently involved Sneed, Stegmüller, Thomas Kuhn and Feyerabend. The purpose of reading this work would be to re-examine a particular aspect of the problem of incommensurability with regard to Kuhn's theme of translation. One result that could be attained is as follows: the temptation that is dear to normative methodologies and that stimulates some historians to construct invented narratives (with notes at the foot of the page where 'real' history is exorcized) draws excessive comfort from the criticism levelled against $Kuhn_2$. However, a re-examination of what, according to Thomas Kuhn, is contained in the pages written by $Kuhn_1$ could free the historian from certain methodological myths and provide appropriate arguments to contribute to the prof-

itable development of research in history of science.

Much has been written about *incommensurability* between scientific theories in the past years. Much has been written especially about the philosophical relationship that Kuhn has (implicitly) added between the incommensurability between *a*) theories that are separated by a scientific revolution and *b*) a substantially irrational view of the development of knowledge and of criteria of choice used by individual scientists or by scientific communities in order to *decide* between different theories. In effect, perhaps the majority of Kuhn's critics have found fertile terrain here for attributing $Kuhn_2$ with the paternity of numerous holes in the rationality of scientific enterprise. In the preface to *The Essential Tension* the author refers to one of the essays (not yet published, except in the volume itself) collected in the book. He points out that the accusation that *The Structure* is a source of converging statements in defense of a marked subjectivity in the choice between theories is an accusation that should be categorized as incomprehension. After reading *The Essential Tension* I cannot avoid agreeing with Kuhn with regard to the facility with which $Kuhn_2$ has been superimposed on $Kuhn_1$, especially after the 1965 Colloquium. But this facility nevertheless has an important aspect. One only need consider the carelessness that characterized the attempts by a certain kind of Marxism to mix paradigms and consensus in scientific communities with certain Marxian citations especially selected from the classics of philosophy, with the aim of inserting external factors of a varying and imaginary nature in the very heart of scientific revolutions. This *facility* once placed next to what Kuhn denounced through his metaphor of $Kuhn_1$ and $Kuhn_2$ makes one reflect: can this facility be attributed entirely to the philosophical blinders of one who constructed false images of the problems faced earlier in *The Structure* and then discussed, after 1962, in different settings? Very appropriately, it is Kuhn himself who answers some of the queries that the preceding question could expose. In replying to Sneed and Stegmüller, Kuhn maintained the need to give certain previously discussed questions a more refined form[3]. On this occasion, Kuhn observed that the term «incommensurability» was taken from mathematics. « The hypotenuse of an isosceles right triangle is incommensurable with its side, but the two can be compared to any required degree of precision », wrote Kuhn. He then remarked, « What is lacking is not comparability but a unit of length in terms of which both can be measured directly and exactly ». In speaking of incommensurability between theories, Kuhn meant to stress the lack of a « common language » within which the theories in question could be « fully expressed ». Presented this way, the problem of incommensurability (and of its consequences) differs from the picture first drawn in *The Structure*. But these differences in turn require a deeper re-examination of the problem of translation in general terms. If a common language capable of *fully* expressing distinct (and incommensurable) theories does not exist — *if it is not historical*, then what criteria will scientists and scientific communities use to choose between different theories? After all, as Feyerabend observes, it is not enough to be *against* philosophies that intend to prescribe infallible norms to guide scientific activities. Often « research is guided by concrete decisions that are invented on the spot rather than by general rules that are argued out beforehand, though scientists, who are as much infected by normativities as anybody else, will try to derive such decisions from general rules after the event, thus making their discoveries much less revolutionary than they actually are »[4]. On the other hand, in place of a « common language » that cannot be traced to an historical basis one can always turn to languages and methodologies that are credited with the philosophical virtues of being stable, omnicomprehensive and free of history. But in doing so — or, rather, in maintaining hope within the

normative purgatory — it would be very difficult to achieve solutions that, regarding historical research on the real sciences, would go beyond epistemological stimulae to build rational reconstructions that would put inconvenient events methodologically in the footnotes. So Thomas Kuhn was right in inviting Lakatos to meditate on the necessity of reviving the discussion of the philosophical positions from which one could draw arguments in favor of historical narrations centered on invented points. In my view, it is still in the preface to *The Essential Tension* that Thomas Kuhn reopens the discussion on incommensurability. But he wants to revive it not just to dispose of a list of bad interpretations of what Kuhn_1 had written earlier and what others attributed to Kuhn_2. Instead, above all he wants to point out that «the problems of incommensurability and partial communication should be treated in another way». If Kuhn's answer to Sneed and Stegmüller already partially clarifies that «other way», it is especially Kuhn's penultimate essay first published in *The Essential Tension*, that offers greater perspective on this problem.

This essay, significantly entitled *Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice*, is drawn from a lecture given by Kuhn at Furman University in 1973. The controversial thesis of *The Structure* that contributed to the birth of Kuhn_2, is taken up. According to this thesis, individual scientists faced with the choice of whether or not to abandon a paradigm, must solve some decision problems that cannot be solved *by proof*. If historical analysis demonstrates that problems of decisions were not solved *by proof*, the field is consequently open to investigations that concern other forms of argument that influence choice. These include the forms that are connected with appropriate techniques of persuasion and that are nevertheless not tied to binding criteria or norms in the 'logical' sense. Obviously this concerns not only the choice to abandon a paradigm or a theory that has a glorious past, but also those choices that press one to remain faithful to 'old' theories and to be hostile to 'new' theories. All this leads, for example, to taking into consideration the influence that, on a given level, can have been exercised by the so-called decisions of the scientific group. They are decisions that may have had the function of *criteria*.

As Kuhn himself recalls, the introduction of such problems brought severe accusations. One only need recall, along with Kuhn, Lakatos's criticism. According to Lakatos, in the growth of knowledge, Kuhn's thesis contributed to a prevalence of arguments that were characteristic of «mob psychology». Kuhn seems to view this criticism as 'paradigmatic' of the misunderstandings that arose around the positions stated, on the subject, in *The Structure*.

The specific points that Kuhn makes in order to erode the area of misunderstanding tend to constantly stress one fact. There certainly exist (and they can be reconstructed in any case) certain canons in the light of which scientific enterprise deserves to be definied as 'scientific'. But the listing of such canons is not *sufficient* for determining the decisions of individual scientists — where, for decisions, one means the complex of the choices made in given historical situations. From this standpoint, it is undeniable, for example, that Kepler's choice in favor of Copernicanism was produced in a real context that involved factors connected with neoplatonic and hermetic movements.

Once this is established, it remains a precise fact. In standard terminology of the philosophy (of science) Kuhn's specification is usually treated as a separation between objective and subjective factors. And, as Kuhn notes, the critics of his point of view have often willingly stressed the (excessive) weight that Kuhn_2 would give to subjective factors, to the detriment of objective factors. On the level of description of events, there is little space for denying some of Kuhn's theses. In effect, the criticism is on a philosophical level in that the emphasis placed on the so-called subjective factors opens dan-

gerous cracks in certain traditional schemes of scientific rationality. But at this point, Kuhn can legitimately ask philosophers of science some questions. « How philosophers of science can for so long have neglected the subjective elements which, they freely grant, enter regularly into the actual theory choices made by individual scientists? ». And also, « Why have these elements seemed (to philosophers of science) an index only of human weakness, not at all of the nature of scientific knowledge? »[5].

Naturally, some philosophers of science could reply expressing the hope of achieving (in a finite time) the definition of an algorithm capable of covering (and explaining) all the individual modalities of the choices that are historically made by scientists when faced with conflicting theories. Nevertheless, an ideal, too, must be subject to credibility. The development of a standard algorithm for procedures in decisions on scientific questions seems to appeal « implicity or explicitly, to the well-known distinction between the contexts of discovery and of justification ». As Kuhn observes, one who makes such an appeal is prepared to admit that subjective factors (intuitive processes) play a role in the discovery or in the invention of new theories. But he will also firmly maintain that objectivity predominates in the processes by which the theories are evaluated. Thus, can the hope of philosophically constructing a general algorithm only grow in the terrain of justification, leaving the context of discovery to 'human weakness', to the uncontrolled domain of intuition? Leaving aside the question regarding the fact that such a position does not conform with what we known about what Kuhn calls observations of scientific life, there still remains the question of making a distinction between the context of the discovery and the context of the justification. According to Kuhn, philosophers of science tend to oversimplify the situations of choice, presenting, for example, certain standard experiments such as those on Foucault's pendulum or the Fizeau measurement. In doing so, the philosophers tend to model their thoughts on the role of such experiments following the general lines that preside over the compilation of physics handbooks, without keeping in mind the fact that the educational context differs from the context of justification or discovery. It is true that certain famous experiments appear to be « paradigms of good reason for scientific choice ». But Kuhn notes that above all they have another common characteristic. «By the time they were performed no scientist still needed to be convinced of the validity of the theory their outcome is now used to demonstrate ». We are faced with over-simplification. On the other hand, such over-simplification does not make us forget the « full factual complexity » of the historical situations in which certain experiments were planned and executed. It is certainly true that historians « do not claim to deal with the full factual complexity of the situations they describe ». But it is equally true that certain simplifications are actually mutilations that make the question of choice *non-problematic*. Mutilation consists of the elimination of essential parts of the problem of choice on its historic basis, that is, on the basis that it can sustain with reason and documentation the existence of « some good reasons for each possible choice ». This implies that one has relevant considerations for the context of discovery which are equally relevant for the context of justification.

Thus it is legitimate for Kuhn to defend the viewpoint by which scientists' choices between competing theories depend not only on criteria that $Kuhn_2$'s critics usually define as ' objective ' but also on factors that depend on the particular biography of the individual researcher and on his personality. This last factor is defined by $Kuhn_2$'s critics as ' subjective '. In this way they emphasize the irrationalism for which $Kuhn_2$ would be a strong propagandist. Yet, « where factors dependent on individual biography or personality must be introduced to make value applicable», values that could influence choices and decisions, *standards are not set aside*. Kuhn's discussion

on choice «indicates some limitation of objectivity, but not by isolating elements properly called subjective », without *stressing* the fact that it is a question of limitations. « Objectivity ought to be analyzable in terms of criteria like accuracy and consistency. If these criteria do not supply all the guidance that we have customarily expected of them, then it may be the meaning rather than the limits of objectivity that my argument shows ».

At this point, it becomes possible for Kuhn to again take up the age-old problem of the (historical) relationship that is established from time to time among scientists who work on different theories. « Communication [among these scientists] » remarks Kuhn, « goes on by translation, and it raises all translation's familiar difficulties ». In the vocabulary of a given field, there exist terms that work in the same way. But there exist other terms that work in different ways. One only need consider the words 'force', 'material', 'compound', etc. On this subject, Kuhn confirms the existence of significant limits that delineate what is communicable between scientists who support different theories. These are the limits that emerge from the very nature of vocabularies and make it difficult or impossible for an individual researcher to compare, *point by point*, two (competing) theories with each other and with nature. It is this characteristic of comparison that make the cognitive process special and makes the very appropriateness of a word like ' choice ' depend on this special quality.

In this work by Kuhn, the translation and the structure of historic vocabularies seem the central elements in order to shift the terms of an age-old battle based on certain philosophically constructed dichotomies based on misunderstanding. Consider such terms as $Kuhn_1$ and $Kuhn_2$, 'objectivity' and 'subjectivity', 'values' and 'norms', etc. If we now return to the preface to *The Essential Tension* we can perhaps better understand one of Kuhn's frequently stressed theses: « Traditional discussions of scientific method have sought a set of rules that would permit any *individual* who followed them to produce sound knowledge. I have tried to insist, instead, that, though science is practiced by individuals, scientific knowledge is intrinsically a *group* product and that neither its peculiar efficacy nor the manner in which it develops will be understood without reference to the special nature of the groups that produce it. In this sense my work has been deeply sociological, but not in a way that permits that subject to be separated from epistemology ».

Thus, we again face the problem that Kuhn takes up in *The Essential Tension*, in an essay written in 1961 entitled *The Function of Measurement in Modern Physical Science*. The problem, that was also at the center of *The Structure*, arises when one admits that the innovations and the changes in scientific theories are not simply additions to what is already known. Using the well-known image of the (Galilean) book of nature, one perhaps can comment on Kuhn's thesis as follows: the (Galilean) book of nature is a text that one reads page after page. The accumulation of the pages already intensively analyzed represents the growth of knowledge, in the sense that knowledge that has already been acquired and gathered is no longer susceptible to profound variations. Instead, the book of nature that emerges in the historical process of the construction of the scientific revolution is different. Each new page forces us to reread and reinterpret all the 'old' pages. It is no longer an accumulation but a restructuring.

In this sense, the question of incomplete translation and of partial communication between supporters of different theories becomes a dominant question compared with the subtle questions against $Kuhn_2$ asked by the supporters of normative methodologies. The decisions that individual scholars and/or scientific communities make, not only go back to crystalline norms of rationality identified by philosophical schools, but they *also* go back to decision procedures that do not fit the narrow suit of those norms. The historian of science, in

turn, can decide to ignore these other decision procedures. But it would be difficult for him to justify such a choice while maintaining, against $Kuhn_2$, that it is a question of procedures that are irrelevant in terms of epistemology. In going against $Kuhn_2$'s thesis, one should instead chose to concede the space to $Kuhn_1$ that *The Essential Tension* demands. If one denies this space *a priori*, one risks leaving the context of discovery to the mercy of 'human weakness', and this risk is too great from any rational point of view.

In all, Kuhn invites the reader to reread more carefully certain pages of his classic work, *The Structure*. And within the limits that one will necessarily encounter since the work is connected with the problem of $Kuhn_1$ and $Kuhn_2$, Kuhn's invitation poses the new problem of translation. Nevertheless, within this framework, two points are revealed. First, the rejection of $Kuhn_2$ and the elimination of some of the objections that $Kuhn_2$ had drawn on himself, implies the opening of positions from which it would be easier to defend the history of science from certain pretences advanced as normative methodologies. This also signifies, above all, the liberation of historians from the philosophical mortgage in which historical reconstructions *only* serve as comforting examples for epistemological viewpoints that are considered well-established. Secondly, many pages of *The Essential Tension*, and not only those cited and commented upon here, arouse further problems. The lack of a common language with an historical basis is, from time to time, a burden on those situations in which scientists try to make *point by point* comparisons of different theories in order to decide and chose. But is the same lack not an even heavier burden on the procedures that individual scholars follow from time to time to construct a certain theory? In other words, what is the meaning of the statement according to which Maxwell translated mathematically the concepts of Faraday?

E. B.

Translation: F. Segrè Walsby-Gwynedd (Wales)

* KUHN, T. S. - THE ESSENTIAL TENSION
Selected Studies in Scientific Tradition and Change
The University of Chicago Press, Chicago, 1977
XXIII + 366 pp.

BIBLIOGRAPHY

1 T. S. Kuhn, *Reflections on My Critics*, in *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1974, p. 231.

2 W. Stegmüller, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer-Verlag, New York, 1976.

3 T. S. Kuhn, *Theory-change as Structure Change: Comments on the Sneed Formalism*, Erkenntnis, 10, 1976, pp. 179-199.

4 P. Feyerabend, *Changing Patterns of Reconstruction*, Brit. J. Phil. Sci., 28, 1977. pp. 351-382, note 3, p. 367.

5 T. S. Kuhn, *Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice*, in *The Essential Tension*, pp. 325-326.

DUGAC, P.

Richard Dedekind et les fondements des mathématiques

Series: Collection des Travaux de l'Académie internationale d'Histoire des Sciences, Vol. 24
Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 1976
334 pp., No price stated

Pierre Dugac, noto studioso della matematica ottocentesca (basti ricordare i suoi saggi su Méray e su Weierstrass), ci fornisce qui un'ottima ricostruzione della personalità scientifica di Dedekind.

Nella sua prefazione Dieudonné scrive che l'opera di Dedekind nell'ambito della teoria dei numeri e della geometria algebrica è da tempo « considerata come uno dei più importanti progressi della matematica del XIX secolo », mentre i lavori del medesimo autore sui fondamenti della matematica non vennero finora studiati con altrettanto impegno. È una lacuna che « il libro di Dugac viene a colmare felicemente. Basato su uno studio meticoloso e metodico di documenti inediti, esso apporta una nuova pietra all'immenso edificio della storia della matematica nel XIX secolo, edificio sfortunatamente ancora virtuale nella sua quasi totalità ».

In effetti la seconda parte del volume (oltre la metà) è costituita da una preziosa raccolta di appunti e lettere, in gran parte attinti dagli archivi della Biblioteca dell'Università di Göttingen; essi forniscono una valida documentazione a chiarimento e sostegno delle tesi interpretative esposte nella prima parte.

In un'ampia recensione comparsa nel n. 101 degli *Archives internationales d'histoire des sciences* (Dicembre 1977), F.A. Medvedev sottopone tali documenti ad una puntigliosa analisi, rilevandovi alcune lacune a suo giudizio non prive di significato e giungendo alla conclusione che il volume, pur di notevole valore, conterrebbe qualche affermazione « *extremely dogmatic* ». Mi permetto di dissentire da questo giudizio; ma non potendo, per limiti di spazio, discutere il peso delle singole lacune rilevate da Medvedev, cercherò di sottolineare alcuni meriti — che

Pierre Dugac, the well-known scholar of nineteenth century mathematics (it is sufficient to mention his essays on Méray and on Weierstrass), offers us here an excellent reconstruction of Dedekind's personality as a man of science.

In his preface, Dieudonné writes that Dedekind's work in the field of the theory of numbers and algebraical geometry has for some time « been considered one of the most important advances in 19th century mathematics », whereas his works on the foundations of mathematics have so far not been studied with equal thoroughness. This gap « is successfully filled by Dugac's book. Based on a meticulous and methodical study of unpublished documents, it contributes another stone to the immense edifice of the history of mathematics in the 19th century — an edifice which, almost entirely, is still unfortunately merely potential ».

The second part of the volume (over half of it) consists of a valuable collection of notes and letters, mostly drawn from the archives of the Library of Göttingen University; they constitute a useful documentation for clarifying and supplementing the interpretative theories expounded in the first part.

In an extensive review that appeared in no. 101 of the *Archives internationales d'histoire des sciences* (December 1977), F. A. Medvedev analyses these documents meticulously and draws attention to various lacunae that he considers to be not unimportant. He comes to the conclusion that the volume, though of considerable value, contains certain «extremely dogmatic» statements. I beg to differ from this opinion. However, being unable, for reasons of space, to discuss the importance of the individual

sembrano essergli sfuggiti — dell'opera in esame, meriti consistenti soprattutto nell'impostazione generale che Dugac ha dato alla propria complessa indagine.
Trattasi di una impostazione che partendo da una precisa valutazione dei risultati particolari conseguiti da Dedekind nei varii campi di volta in volta presi in esame, si propone di farci cogliere qualcosa che in certo senso oltrepassa la particolarità di tali risultati, cioè quello « spirito di astrazione e di generalizzazione ... che caratterizza tanto bene lo spirito matematico dedekindiano ». Esso affiora chiaramente già nella fondazione della teoria degli ideali, cui il nostro autore si dedicò nel biennio 1869-70, esponendola poi nel X supplemento della seconda edizione (1871) delle *Lezioni* di Dirichlet sulla teoria dei numeri (*Lezioni* pubblicate appunto a cura di Dedekind); ma ricompare con chiarezza ancora maggiore nei suoi lavori di topologia, come la famosa memoria *Dimostrazione e applicazione di un teorema generale sui dominî continui di dimensione n*, elaborata nel 1892.
A proposito del X supplemento testé ricordato, Dugac sostiene, con argomenti difficilmente oppugnabili, che essa costituisce fra l'altro il 'luogo di nascita' della teoria degli insiemi modernamente intesa; è una tesi che non pretende di sminuire l'originalità del 'genio intuitivo' di Cantor, ma vuole sottolineare i contributi, spesso trascurati, del 'genio deduttivo' di Dedekind alla creazione dell'importante branca della matematica moderna. L'argomento è trattato ampiamente in uno dei più interessanti capitoli del volume, dedicato appunto all'esame della corrispondenza fra i due autori.
Notiamo marginalmente che questo capitolo si conclude con un'affermazione la quale mira, in modo manifesto, a sottolineare una certa superiorità che Dugac ritiene di scorgere nella trattazione dedekindiana rispetto a quella cantoriana: l'anzidetta corrispondenza dimostra infatti che « Dedekind non si è mai interessato all'aritmetica del transfinito, parte che fu la più contestata dai contemporanei di Cantor e che ha perso oggi molto della sua importanza ». Orbene

lacunae indicated by Medvedev, I will try to emphasise certain merits — which seem to have escaped him — chiefly relating to the general way in which Dugac has laid out this complex study of his.
The volume, which starts with a precise assessment of the particular results achieved by Dedekind in the various fields studied, is laid out in such a way as to make the reader appreciate something which, in a certain sense, goes beyond the particularity of these results: namely, « that spirit of abstraction and generalisation ... that so well characterises Dedekind's mathematical mind ». He made his first decisive contribution in the foundation of the theory of ideals, to which he devoted himself during the years 1869-70, later expounding the theory in the X supplement to the second edition (1871) of Dirichlet's *Lectures* on the theory of numbers (the *Lectures* were in fact edited by Dedekind). But he makes an even greater contribution in his works on topology, such as his famous *Proof and Application of a General Theorem on Continuous Domains of Dimension n*, produced in 1892.
With regard to the above-mentioned X supplement, Dugac maintains, with arguments that can hardly be attacked, that it constitutes, among other things, the 'birthplace' of set theory as we understand today. This theory does not claim to minimise the originality of Cantor's 'intuitive genius'; it aims at emphasising the contributions, often neglected, made by Dedekind's 'deductive genius' to the creation of this important branch of modern mathematics. The subject is treated fully in one of the most interesting chapters of the volume, devoted to a discussion of the correspondence between the two authors.
We may note, in passing, that this chapter concludes with a statement that is manifestly intended to emphasise a certain superiority that Dugac claims to perceive in Dedekind's treatise with respect to Cantor's: in fact, the above-mentioned correspondence shows that « Dedekind was never interested in trans-finite arithmetic, which was the part most disputed by Cantor's

se siamo certamente disposti a riconoscere con Dugac che Dedekind non si è mai interessato all'aritmetica del transfinito e che questa fu la parte della teoria degli insiemi più contestata dai contemporanei di Cantor, non ci sembra invece difendibile la pretesa che tale parte avrebbe perso oggi molto della sua importanza. Le più moderne ricerche sui numeri transfiniti dimostrano proprio il contrario.

Comunque, a parte questa osservazione del tutto marginale, va dato atto a Dugac di avere colto molto bene l'importanza dei contributi di Dedekind alla nascita della teoria degli insiemi. In questo medesimo quadro di interessi si inseriscono pure, come è ovvio, i due celebri lavori di Dedekind sui fondamenti della matematica: *Continuità e numeri irrazionali* (1872) e *Che cosa sono e che cosa significano i numeri* (1888). Dugac dedica un'ampia analisi a ciascuno di essi. Per quanto riguarda il secondo, concernente la teoria dei numeri naturali, ci limiteremo ad osservare che avremmo desiderato un esame più approfondito del rapporto fra gli assiomi posti da Dedekind a base dell'aritmetica, e quelli asssi più noti di Peano. Dugac si accontenta di farne cenno nel capitolo dedicato in generale all'influenza esercitata da Dedekind sui propri contemporanei, riferendo — sia nel testo sia in appendice — alcune fugaci ammissioni dello stesso Peano circa il proprio debito verso il matematico tedesco. A parte questa lacuna, cui siamo particolarmente sensibili, riconosciamo ben volentieri che l'esposizione della teoria dedekindiana dei numeri naturali risulta, nel volume di Dugac, notevolmente chiara e rigorosa malgrado le difficoltà tecniche dell'argomento.

Più significativa ci sembra, comunque, l'analisi dedicata dal nostro autore al primo dei due lavori poco sopra menzionati di Dedekind, cioè al saggio *Continuità e numeri irrazionali*. Si tratta di una analisi precisa e penetrante che, per un lato, ci dimostra la piena fondatezza del giudizio di Hattendorf il quale (in una lettera riportata in appendice) riconosce a Dedekind il merito di avere definito il numero irrazionale « indi-

contemporaries, though it has today lost much of its importance ». Now, we are certainly ready to acknowledge, with Dugac, that Dedekind was never interested in trans-finite arithmetic and that this was the part of the theory of sets most disputed by Cantor's contemporaries, but it does not seem possible to defend the claim that this part has today lost much of its importance. The latest studies on trans-finite numbers show precisely the opposite.

However, apart from this entirely marginal observation, Dugac should be given due credit for having fully appreciated the importance of Dedekind's contributions to the birth of set theory. Obviously, in this same sphere of interests, we must also include Dedekind's two famous works on the foundations of mathematics: *Continuity and Irrational Numbers* (1872) and *What Numbers Are and What they Mean* (1888). Dugac analyses each of these works fully.

As regards the second, concerning the theory of natural numbers, we will merely observe that we should have liked to be offered a more thorough study of the relationship between the axioms that Dedekind presents as the basis of his arithmetic and the far better known axioms stated by Peano. Dugac is content to mention them in the chapter devoted in general to the influence that Dedekind had on his contemporaries, reporting (both in the text and in the appendix) certain fleeting admissions made by Peano regarding his debt to the German mathematician. Apart from this lacuna, of which we are particularly aware, we very readily acknowledge that Dugac has given here a remarkably clear and rigorous account of Dedekind's theory of natural numbers, despite the technical difficulties of the subject.

However, we attach greater significance to the analysis that Dugac offers of the first of the two works by Dedekind mentioned above: the essay *Continuity and Irrational Numbers*. This is a precise and penetrating analysis, which, on the one hand, shows us that Hattendorf was fully justified in his opinion (stated in a letter given in the

pendentemente da ogni appello all'intuizione geometrica »; per un altro lato, riesce a porre in luce come Dedekind abbia colto con estrema chiarezza la funzione essenziale spettante alla teoria dei numeri reali nella costruzione rigorosa dell'analisi infinitesimale. Non meno degna di nota è l'analisi che Dugac compie del postulato dedekindiano della continuità, analisi da cui risulta che « per Dedekind il concetto di spazio è del tutto indipendente da quello di continuità ». Connessa a questo risultato è la sorprendente conclusione cui il matematico tedesco giunse sulla base di un accurato esame degli assiomi euclidei: « tutto il sistema (di Euclide) resta valido senza la continuità »; essa trovasi esposta nel suo epistolario con Lipschitz.

Prima di chiudere la nostra recensione vogliamo attrarre l'attenzione del lettore su tre interessanti osservazioni compiute da Dugac nel suo esame delle ricerche dedekindiane sulla continuità:

1) Partendo dall'analisi testé accennata degli assiomi euclidei, Dedekind si domanda se esista un qualche metodo infallibile per verificare la validità di una teoria matematica e propone un metodo che risulterebbe a suo parere idoneo a tale scopo; ebbene Dugac osserva che in questo metodo — ricco di « contenuto assiomatico », come ha scritto Emmy Nöther — sarebbe rintracciabile un « embrione di certe concezioni di Hilbert »; se àccogliamo questa osservazione, il 'genio deduttivo' di Dedekind trova una nuova lampante conferma.

2) Un confronto puntuale fra la definizione dedekindiana di numero reale (basata sul concetto di partizione del campo razionale) e il noto criterio proposto da Eudosso per stabilire che il rapporto fra due grandezze incommensurabili risulta eguale al rapporto fra altre due grandezze, permette a Dugac di cogliere la profonda differenza tra la concezione di Dedekind e quella dell'antico matematico greco, malgrado la loro apparente analogia.

A sostegno di questa conclusione, Dugac riferisce opportunamente il parere espresso in proposito da Dieudonné: all'idea di par-

appendix) that Dedekind has the merit of having defined irrational numbers « independently of any appeal to geometrical intuition »; on the other hand, it manages to show how Dedekind has perceived with extreme clarity the essential function of the theory of real numbers in the rigorous construction of infinitesimal analysis. No less noteworthy is Dugac's analysis of Dedekind's postulate of continuity, an analysis that reveals that « according to Dedekind, the concept of space is entirely independent of that of continuity ». Connected with this result is the surprising conclusion reached by the German mathematician on the basis of a careful study of Euclidean axioms: « Euclid's whole system remains valid without continuity »; this conclusion is stated in his correspondence with Lipschitz.

Before concluding this review, we wish to draw the reader's attention to three interesting observations made by Dugac in his study of Dedekind's researches on continuity:

1) Starting from the above-mentioned analysis of Euclidean axioms, Dedekind asks himself whether an infallible method exists for verifying the validity of a mathematical theory, and he proposes a method that he considers to be suitable for such a purpose. Dugac observes that in this method — full of « axiomatic content », as Emmy Nöther has written — it is possible to trace « an embryo of certain of Hilbert's conceptions ». If we accept this observation, Dedekind's 'deductive genius' finds a brilliant new confirmation.

2) A precise comparison between Dedekind's definition of real numbers (based on the concept of division of the rational field) and the well-known criterion proposed by Eudoxus for establishing that the relationship between two incommensurable magnitudes is found to be equal to the relationship between two other magnitudes, prompts Dugac to draw attention to the profound difference between Dedekind's conception and that of the ancient Greek mathematician, despite their apparent similarity.

In support of this conclusion, Dugac makes

tizione, già contenuta *in nuce* nel criterio eudossiano, « Dedekind aggiunge l'idea di *definire* un numero irrazionale come partizione, mentre ... Eudosso ammetteva l'esistenza dei rapporti irrazionali e si limitava a descrivere il modo per calcolare su tali enti ».

3) Come risulta da documenti pubblicati nell'appendice XXXI del volume che stiamo esaminando, Dedekind espresse con passione un giudizio nettamente negativo (condiviso da Cantor ma non da Weierstrass) sul volume *Teoria generale delle funzioni* pubblicato da P. Du Bois-Reymond nel 1882, accusandolo di non aver compreso il radicale rinnovamento prodotto nell'edificio dell'analisi dall'introduzione, a partire da Cauchy, di una esplicita esigenza di rigore per l'innanzi sconosciuta.

Nella già citata recensione, Medvedev sembra stupito della passionalità polemica con cui è espresso questo giudizio; orbene noi ci permettiamo di stupirci del suo stupore perché ci sembra che Dugac abbia sufficientemente dimostrato qual è l'origine e il significato dell'anzidetta passionalità. Essa deriva infatti dalla piena consapevolezza che Dedekind aveva — più di parecchi suoi contemporanei — del salto qualitativo realizzato entro l'analisi infinitesimale, e più in generale entro tutta la matematica, dall'introduzione di una nuova ed esplicita esigenza di rigore.

In conclusione, anche se alcuni punti particolari del volume di Dugac possono sollevare qualche perplessità, ci sembra doveroso riconoscere che esso reca un contributo veramente notevole alla comprensione, in profondità, dell'opera di Dedekind. In altri termini: non solo riesce a colmare assai bene la lacuna cui abbiamo fatto cenno all'inizio della presente recensione, ma ci dà un prezioso aiuto per cogliere l'importanza del nuovo spirito che con Dedekind si afferma e si consolida nella matematica moderna.

opportune reference to the opinion expressed on this subject by Dieudonné: to the idea of division, already contained *in nuce* in the Eudoxian criterion, « Dedekind adds the idea of *defining* an irrational number as division into parts, whereas Eudoxus ... assumed the existence of irrational relationships and confined himself to describing the method of calculating with these entities ».

3) As appears from documents published in appendix XXXI of the volume in question, Dedekind vehemently expressed a decidedly negative opinion (shared by Cantor but not by Weierstrass) on the volume *The General Theory of Functions* published by P. Du Bois-Reymond in 1882, accusing the author of not having grasped the radical renewal produced in the edifice of analysis by the introduction, from Cauchy onwards, of an explicit need for strictness, hitherto unrecognised.

In the above-mentioned review, Medvedev seems to be astonished by the controversial vehemence with which this opinion is expressed. Well, we may allow ourselves to be astonished at his astonishment, because it seems to us that Dugac has adequately demonstrated the origin and significance of that vehemence. In fact, it derives from Dedekind's awareness — greater than that of several of his contemporaries — of the qualitative leap forward made in infinitesimal analysis, and more so, in general, in mathematics as a whole, by the introduction of a new and explicit need for strictness.

In conclusion, even if certain particular points in Dugac's volume may give rise to some perplexity, we feel we should recognise that it makes a truly remarkable contribution to a deeper understanding of Dedekind's work. In other words, it not only manages successfully to fill the gap that we mentioned at the beginning of this review, but also offers us a valuable aid for appreciating the importance of the new spirit in modern mathematics that asserted itself and was consolidated with Dedekind.

LUDOVICO GEYMONAT

LOUIS, P.

La découverte de la vie: Aristote

Hermann, Paris, 1975
216 pp., Fr. 38

Non si può non concordare entusiasticamente con l'affermazione con cui l'autore di questo saggio dà inizio alla sua Introduzione: « Aristotele è conosciuto soprattutto come metafisico e moralista. Ma egli è stato anche un ricercatore scientifico appassionato ai problemi della vita. Ignorarlo sarebbe commettere lo stesso errore che considerare Claude Bernard unicamente come un filosofo. E questo Aristotele merita ancora d'esser letto così come l'autore delle *Etiche* o della *Politica* ». Vorrei aggiungere che Aristotele non è stato *anche* un naturalista, ma *soprattutto* un naturalista, un grande naturalista, e che dalla considerazione dei fenomeni naturali è risalito alla filosofia, in cui ha raggiunto vette eccelse. Più ancora che naturalista, in senso generico, si dovrebbe dire che è stato un biologo, più di due millenni *avant la lettre.*
È quindi con vivo compiacimento che accogliamo questo elogio e questa analisi del biologo Aristotele scritta da un non biologo.

Il sàggio è diviso in tre parti. La prima, dal titolo « Le ricerche di Aristotele sugli animali » si apre con un capitolo, « Una vocazione di zoologo », in cui sono riassunte le tappe principali della vita dello Stagirita. Segue un lungo capitolo sui metodi e i mezzi della ricerca zoologica di Aristotele.
Nella seconda parte sono attentamente e criticamente analizzate le conoscenze di Aristotele sugli animali, così come risultano dalle sue opere: Storia degli Animali, Le parti degli animali, e La generazione degli animali. L'autore prende particolare cura per dimostrare lo spirito di osservazione del loro autore, che evidentemente ha osservato e studiato direttamente molti dei fenomeni che descrive, e per giustificare gli errori in

One cannot fail to agree whole-heartedly with the opening statement made by the author at the beginning of the Introduction: « Aristotle is known principally as a metaphysician and a moralist. But he was also a keen scientific explorer of the problems of life. To ignore him would be to commit the same mistake as considering Claude Bernard purely as a philosopher. And this Aristotle still deserves reading just as much as the author of the *Ethics* or the *Politics* ». I would like to add that Aristotle was not *also* a naturalist, but rather *above all* a naturalist, a great naturalist, who from the examination of natural phenomena found his way to philosophy, where he reached supreme summits. More than a naturalist, in a generic sense, one should say that he was a biologist, two millennia and more *avant la lettre.*
It is therefore with great pleasure that we welcome this eulogy and this analysis of Aristotle the biologist, written by a non-biologist. The book is divided into three parts. The first, entitled « Aristotle's Research on Animals » opens with a chapter headed « A Vocation as a Zoologist », where the principal stages of the life of the Stagirite are outlined. There follows a long chapter on the methods and means of Aristotle's zoological research.
In the second part painstaking critical attention is paid to Aristotle's ideas concerning animals, as they emerge from his works: History of Animals, the Parts of Animals, Animal Generation. The author is particularly careful to show the powers of observation of their author, who clearly observed and studied at first hand many of the phenomena he describes, and to justify the errors to which Aristotle was led, most of

cui è caduto, che derivano in gran parte dall'aver dato credito a racconti e leggende trasmessi da altri autori.
La terza parte, intitolata « Le teorie biologiche », tratta delle principali generalizzazioni e induzioni teoriche che caratterizzano la biologia aristotelica, nel quadro della sua concezione dell'universo.

Questa rivalutazione globale dell'opera biologica di Aristotele, che non ha il carattere frammentario di molte pubblicazioni su particolari aspetti della attività di questo naturalista, è salutata con favore dagli storici della scienza come un contributo importante, che è anche di piacevole lettura per la vivacità dello stile e la penetrazione nella personalità umana di colui che a buon diritto merita il titolo di padre delle scienze biologiche.

which arose through having given too much credit to stories and legends transmitted by other authors.
The third part, entitled « Biological Theories », deals with the principal generalizations and theoretical inductions which characterize Aristotelian biology, within the framework of his conception of the universe.
This global reappraisal of Aristotle's biological writings, which does not have the fragmentary character of many of the publications on specific areas of this naturalist's activity, is greeted favourably by the historians of science, inasmuch as it is an important contribution that also makes pleasant reading both in its lively style and in its insights into the human personality of the one who rightly deserves the title of father of the biological sciences.

GIUSEPPE MONTALENTI

DE VOS, A.

Africa, The Devastated Continent...?

Series: Monographiae Biologicae, Vol. 26
Dr. W. Junk b. v., Publishers, The Hague, 1975
236 pp., plates, Dfl. 65,-

Le attività dell'uomo sono state sempre causa di profonde modificazioni dell'ambiente naturale. Ma questa azione è stata inizialmente assai lenta, e anche se, con il progredire della civiltà, ha dato luogo a variazioni imponenti, queste si sono sviluppate gradualmente, e sono state accolte senza traumi dalle generazioni che si sono succedute. Inoltre, in alcuni continenti, fra cui l'Africa, l'ambiente ha subìto in passato relativamente poche variazioni. Ma, da alcuni decenni a questa parte, il rapido progredire della tecnologia, l'aumento numerico delle popolazioni, l'estensione della civilizzazione a popolazioni primitive, hanno determinato variazioni rapide e profonde, tanto da im-

Man's activity has always been the cause of radical modifications in the natural environment. At the outset, however, the effects were slow to be seen, and even if, with the progress of civilization, impressive changes have taken place, the development has been gradual and has hence been accepted without particular difficulty by successive generations of men. Furthermore in some continents, and in Africa in particular, the environment has, in the past, undergone relatively little variation. In the past few decades, however, the rapid headway made by technology, the numerical increase in population, the spreading of civilization to primitive peoples have brought about rapid

pressionare l'opinione pubblica e da far temere la perdita di alcuni valori ecologici che sarebbe necessario conservare.

Questo studio si riferisce appunto all'Africa, uno dei continenti più densamente popolati, in cui il deterioramento dell'ambiente procede con velocità spaventevole. L'autore comincia col descrivere sommariamente l'ambiente africano nei suoi vari aspetti. Passa poi in rassegna le principali zone ecologiche africane, ed entra quindi nel cuore dell'argomento descrivendo l'azione dell'uomo come agente modificatore dell'ambiente: distingue fra l'azione degli uomini primitivi e quella, assai più intensa, dell'uomo moderno. Studia poi i più importanti problemi specifici quali le conseguenze del nomadismo, la desertificazione, l'introduzione di piante e animali estranei, la necessità di proteggere le specie minacciate e di conservare la vegetazione naturale, e di istituire parchi nazionali e riserve, e vari altri. Un capitolo è dedicato all'indagine delle necessità e delle possibilità dell'uso del terreno e ai problemi connessi.
L'ultimo capitolo è dedicato alla programmazione per il futuro e alle proposte per uno sviluppo ben pianificato che consideri sia le possibilità di industrializzazione, sia, soprattutto, un più efficiente uso del terreno.

Il volume è bene illustrato e di gradevole lettura, ed è corredato da un'ampia bibliografia. L'autore, funzionario della FAO (Food and Agriculture Organization), ha avuto la possibilità di visitare molte contrade africane, alcune delle quali remote e difficilmente accessibili. È augurabile non soltanto che il lavoro di De Vos sia continuato ed esteso, ma che serva di guida e di stimolo ai governanti e alle popolazioni africane per proteggere e conservare i preziosi valori ecologici caratteristici di quel continente.

and profound changes, to the point of impressing public opinion and awakening a fear for the loss of certain ecological values which should be conserved at all costs. This study deals with Africa, one of the continents which is most densely populated and in which the deterioration of the environment is proceeding with appalling speed. The author begins by describing briefly the various aspects of the African environment. He then goes on to examine the main ecological zones in Africa, after which he gets into the core of his subject with a description of man's work as an agent of environmental change: a distinction is made between the effects wrought by primitive man and those considerably more intense ones wrought by modern man. The author also studies the more important specific problems such as the consequences of nomadism, the introduction of extraneous plants and animals, the need for protecting species threatened with extinction and for preserving the natural vegetation as well as for setting up, amongst other things, national parks and reserves. A further chapter is dedicated to an inquiry into the necessities and possibilities of land use and connected problems.
The last chapter deals with future planning and the proposals for development which take into account both the possibilities of industrialization and, above all, a more efficient use of land.
The volume is well illustrated and pleasant to read, as well as being equipped with an ample bibliography. The author, a FAO (Food and Agriculture Organization) functionary, has had the possibility of visiting many African regions, some of which are very remote and inaccessible. One can only hope that De Vos continues the good work and that this may be used as a guide and a stimulus for those whose responsibility is to protect and preserve the precious ecological values which are characteristic of the African continent.

GIUSEPPE MONTALENTI

GIRARD, J.

Deima

Prophètes paysans de l'environnement noir, Vol. 1
Les Evangiles selon la Prophétesse Bagué Honoyo, Vol. 2
Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 1974
xv+492 and viii+263 pp., plates, No price stated

Nella società contadina Godié della bassa Costa d'Avorio, zona forestale, dai primi decenni del secolo XX si sviluppa, soprattutto per l'introduzione dell'economia monetaria, un intenso processo di trasformazione socio-culturale. La 'modernizzazione', come in tanti altri casi del genere, provoca contraccolpi su vasta scala nell'intero arco della cultura nativa, sull'economia, sulle strutture sociali e parentali, sul costume, sui rapporti interindividuali, sulla religione.

In questa fase critica della società e della cultura, come in mille altre culture africane, si sviluppano, ad opera di fondatori carismatici, vari movimenti religiosi, legati per un verso alla tradizione magico-religiosa locale, per altro verso influenzati in varia misura dal cristianesimo, direttamente o indirettamente sperimentato dai fondatori. Il più noto movimento, fondato dal liberiano W. W. Harris, si diffuse in questa e in altre zone della Costa d'Avorio nel 1915. Di un secondo profeta, Bebe Dogobra, poco sappiamo. Un terzo movimento, Deima, fu fondato a Grobaridou (villaggio a ovest di Abidjan) dalla profetessa Bagué Honoyo (chiamata anche Guigba Dahomon, Bage Wonoyo, Dyigba Dawono, o [secondo D. Paulme] Marie Lalu), nativa del villaggio di Gogoué.

Il nome *Deima*, ispirato divinamente alla profetessa, indica la conca dell'acqua sacra che costituisce uno degli elementi fondamentali usati nel rituale. Di questo movimento religioso l'etnologa Denise Paulme fornì un buon resoconto sintetico (1962), raccogliendo anche vari miti e alcune biografie

In the Godié peasant society of the forest area of the lower Ivory Coast, since the first decades of the 20th century an intense process of socio-cultural change has taken place, mainly due to the introduction of a monetary economy. 'Modernization', as in many other cases of this kind, has had wide repercussions on the whole span of the native culture, on the economy, the social and kinship structures, customs, interpersonal relations and religion. In this critical phase of the society and culture, as in thousands of other African cultures, a variety of religious movements have sprung up, founded by charismatic leaders who are linked to the magical-religious local traditions but are also influenced in sundry ways by Christianity, which they have directly or indirectly experienced. The best known of these movements, founded by the Liberian W. W. Harris, spread in this and other areas of the Ivory Coast in 1915. Of a second prophet, Bebe Dogobra, little is known. A third movement, Deima, was founded at Grobaridou (a village west of Abidjan) by the prophetess Bagué Honoyo (also called Guigba Dahomon, Bage Wonoyo, Dyigba Dawono, or [according to D. Paulme] Marie Lalu), a native of the village of Gogoué. The name *Deima*, divinely revealed to the prophetess, refers to the basin of sacred water which constitutes one of the fundamental elements used in the ritual. A good synthetic account of this religious cult was given by the ethnologist Denise Paulme (1962), including a variety of myths and biographies of several figures. Now Jean Girard, after lengthy field-research

di personalità. Ora Jean Girard, in seguito a una prolungata permanenza nei luoghi dove visse la profetessa (1892-1951) e dove si diffuse la sua religione, presenta un'ampia monografia in due volumi. Nel I° raccoglie i risultati di numerose interviste tra i fedeli, di ricerche fra la corrispondenza dei responsabili con le autorità locali e fra gli archivi delle comunità. I dati riguardano la biografia della fondatrice, la storia e gli sviluppi del movimento dopo la morte di Bagué Honoyo, varie storie di vita di profetesse e profeti d'oggi, testi di preghiere e canti, dati sulla organizzazione della chiesa Deima, i modi, tempi e contenuti dei rituali collettivi (messa del venerdì e della domenica) e individuali (battesimi, matrimoni, riti funebri). Elementi demografico-statistici sugli aderenti, statuto della chiesa, censimento del clero, notizie sulle relazioni interconfessionali sono annessi in questa raccolta di materiale estremamente minuziosa, che viene unificata entro una cornice interpretativa basata su alcune tesi soggettive che accompagnano l'intera esposizione dei dati. Queste tesi pertanto costituiscono una caratteristica peculiare dell'opera, ma nel medesimo tempo, pure partendo da alcuni dati oggettivi, finiscono per porre il lettore davanti al dilemma: se la dottrina metafisica, qui esposta attraverso le tesi interpretative dell'autore, corrisponda ad una realtà positiva, condivisa come tale non solo dai fondatori di questa religione, ma anche dai fedeli in genere; o se essa piuttosto non sia che 'una' delle possibili interpretazioni, in certo senso soggettiva e orientata in senso filosofico-simbolistico. Infatti l'esuberanza e la soggettività delle argomentazioni simbolistiche si contrappongono alla carenza di analisi storico-sociologica e antropologica.

Certamente l'autore insiste sui valori simbolicidel culto e dei miti — l'intero 2° volume è dedicato a un'ampia raccolta di miti delle origini, miti eziologici, miti sincretici, cosmogonie, storie sincretiche di Gesù, nel loro insieme intitolati « vangeli » della profetessa —. Ma non è l'interpretazione dei simbolismi in quanto tale a creare perples-

in the area where the prophetess lived and where her religion spread, has written an extensive monograph in two volumes. Vol. 1 contains the results of numerous interviews among the members, of research on the correspondence between the religious officers and the local authorities and on the community archives. The data concern the biography of the founding prophetess, the history and developments of the movement after her death, various lifestories of todays' prophetesses and prophets, texts of prayers and songs, organizational elements of the Deima church, the ways, times and contents of the communal (Friday and Sunday mass) and individual (baptism, marriage, burial) rites. This extremely detailed material includes also demographic-statistic table concerning the followers, church statutes, a census of the clergy, and information on interdenominational relations, the whole being then unified within an interpretative framework based on a number of subjective presuppositions that are expressed throughout the exposition of the data. These presuppositions thus constitute the special characteristic of the work. Despite their origin in several objective facts, they ultimately confront the reader with the dilemma of whether the metaphysical doctrine expounded there through the author's interpretative mediation corresponds to a positive reality, shared as such not only by the founders of this religion but also by the followers in general, or whether it is not rather 'one' of the possible interpretations, in some sense subjective, within a philosophical-symbolic context. Actually the profusion and subjectivity of the symbolistic arguments are in contrast with the lack of historical-sociological or anthropological analysis. Certainly the author emphasizes the symbolic values of the religious service and of the myths: indeed the whole of Volume 2 is devoted to an extensive collection of the origin myths, aitiological myths, syncretic myths, cosmogonies and syncretic histories of Jesus which are gathered under the title of « Gospels » of the prophetess. But the reader's perplexity arises not so

sità nel lettore, quanto la collocazione delle varie interpretazioni nel quadro di un vero sistema di presupposti teorici e interpretativi d'ordine generale, che in maniera esplicita l'autore prepone nel capitolo introduttivo dell'opera (*Animismo, feticismo e profetismo*). Egli poi ribadisce e sviluppa tali presupposti nei capitoli intitolati *Dinamica del feticismo culturale, Peccato originale e redenzione messianica* e in genere nella parte dedicata alla *Spiritualità Deima*. Tesi centrale del Girard è che non solo la società Godié, ma tutte le società dell'Africa occidentale siano passate, nel loro sviluppo, da una fase 'animista' a una 'feticista' (si noti l'artificiosa ipostatizzazione di queste due fasi, che adombra vecchi schemi evoluzionisti alla Tylor o Marett) e quindi — per rottura della precedente — alla fase 'profetica'.

Altri presupposti teorici dell'autore sono i seguenti. La società 'animista' è unita, coerente in se stessa, si ispira a un'etica collettivista, avvalorata da una filosofia che comporta un rapporto diretto e parentale fra il clan e la natura, espresso nel totemismo. La società animista ha struttura seminomade, persegue un simbolismo di tipo dualista (uomo-animale, clan-totem). Con il processo di sedentarizzazione, la società passerebbe alla fase feticista, mentre la struttura clanica s'infrange e si disgrega in molteplici lignaggi, si crea il culto degli antenati, con sacrificio animale, e prende avvio il feticismo sempre più volto alla tutela della salvaguardia individuale anziché collettiva, e con rituali di possessione. Vero è che a sua volta il feticismo, per l'autore, include una varietà di tipi: uno collettivo che riguarda il lignaggio e che implica tuttora una funzione cosmica comune già all'animismo, uno di possessione con funzione sociale di equilibrio fra gruppi e società, uno 'di potenza personale' che si sviluppa in corrispondenza di uno stadio di trasformazione della cultura con l'emergere di interessi egocentrici e individualistici. Con il secondo dopoguerra, questo tipo di feticismo avrebbe trovato il suo maggiore sviluppo, con l'incremento della stregoneria e delle paure.

much from the actual interpretation of the symbolisms as from the collocation of the various interpretations within the framework of what really is a system of theoretical and interpretative assumptions of a general nature, which the author explicitly sets out at the opening of the introductory chapter of the work (*Animism, Fetishism and Prophetism*). He restates and elaborates these assumptions in the chapters entitled *Dynamics of Cult Fetishism, Original Sin and Messianic Redemption*, and in general in the part devoted to *Deima Spirituality*. Girard's basic claim is that the Godié society, and all West African societies as well have gone, through an evolutionary course, from a stage of 'animism' to one of 'fetishism' and thence to the 'prophetic' stage. Further theoretical assumptions of the author are as follows. 'Animistic' society is united and internally consistent, and inspired by a collectivist ethic that is reinforced by a philosophy involving a direct kinship relation between the clan and nature. This relation finds its expression in totemism. Animistic society has a seminomadic structure, and entails a dualistic type of symbolism (man-animal, clan-totem). With the process of sedentarization the society allegedly goes over to the fetishistic stage. The clan structure is shattered and breaks up into multiple lineages. Ancestor-worship arises, with animal sacrifices. As fetishism develops it turns more and more towards protection of the individual rather than of the community, and it makes use of possession rituals. Admittedly fetishism, according to the author, consists in its turn of a number of different types: a collective fetishism that concerns lineage and involves a cosmic function already shared by animism, a possession-fetishism that has the social function of securing a balance between groups and society, and a 'personal power' fetishism. The latter develops — Girard says — along with the stage of cultural change as egocentric and individualistic biases emerge. After the second World War — the author assumes — this stage of fetishism reached its climax, with the in-

In opposizione a questo feticismo individualista e per vincere la stregoneria, sorgono i profetismi. Ma il profetismo africano, per l'autore, ha un valore più generale nel contesto del 'sistema' di sviluppo da lui presupposto: esso ricostituisce quell'unità del genere umano, o almeno della collettività africana, ch'era già propria della fase 'animista' da lui postulata, e ch'era stata infranta nella fase 'feticista' dall'avvento delle forze disgregatrici ed egocentriche. L'unità viene, dal profetismo, ricostituita per opera del profeta carismatico, e intorno a simboli che si riportano all'antico simbolismo dualista della fase animista. La 'croce' simboleggerebbe così la natura oltraggiata; mentre l'acqua sacra e la cenere sacra, nel loro insieme, ricrcerebbero l'unità cosmogonica uranico-ctonica già tipica della fase animista. Insomma il profetismo attuerebbe la riunificazione della collettività, su un nuovo piano universalista, attraverso la riunificazione dei simboli sacri, e un 'riaggiustamento cosmogonico' da cui deriverebbe la salvezza individuale e collettiva.

Queste le tesi del Girard nell'interpretazione del culto Deima, e del profetismo in genere prodotto dal processo di trasformazione sociale e culturale delle società tradizionali. Può essere di esempio, del tipo di argomentazioni condotte dall'autore, e del modo peculiare di condurle, questa ch'egli propone circa il profetismo del profeta Harris (p. 429):

« La confiance désormais placée dans l'eau bénite démontre que la hiérogamie statique, acquatico-chtonienne de l'animisme puis du fétichisme, est devenue dialectique. La constante référence du groupe humain et des individus qui le composent au symbole et à l'élement aquatique, illustre la découverte correspondante au palier de modernisation atteint du monothéisme ouranien charismatique, ainsi que l'aspiration corrélative des esprits à retrouver l'intégration sociale perdue ». È un passo indicativo del linguaggio del nostro autore.

Il tentativo di schematizzare in tal modo i

crease in sorcery and fears. As a reaction against this individualistic fetishism, and as an antidote to sorcery, prophetisms arise. But African prophetism, in the author's view, takes on a more general value in the framework of the developmental 'system' he presupposes: it reconstitutes that unity of mankind, or at least of the African collectivity, which was already inherent in the 'animist' phase he had postulated and had been shattered in the 'fetishist' phase by the advent of disruptive and egocentric forces. This alleged unity is reconstituted through the deeds of charismatic prophets and it is centered upon symbols which hark back to the old dualist symbolism of the animist phase. Thus the 'cross' is held to symbolize abused nature. The sacred water and sacred ash taken as a whole are claimed to recreate the uranic-chthonic cosmogonic unity that had been a typical characteristic of the animist phase. Briefly, prophetism is held to accomplish the reunification of the collectivity, in a new universalist sphere, through the reunification of the sacred symbols and a 'cosmogonic readjustment' from which individual and collective salvation are held to derive.

There we have outlined Girard's interpretative arguments concerning the Deima cult and, in general all African prophetisms produced by the process of change of traditional societies. We may cite as an example of the type of argument put forward by the author and of his peculiar mode of argumentation the following excerpt relating to the prophet Harris's prophetism (p. 429): « La confiance désormais placée dans l'eau bénite démontre que la hiérogamie statique, acquatico-chtonienne de l'animisme puis du fétichisme, est devenue dialectique. La constante référence du groupe humain et des individus qui le composent au symbole et à l'élément aquatique, illustre la découverte correspondante au palier de modernisation atteint du monothéisme ouranien charismatique, ainsi que l'aspiration corrélative des esprits à retrouver l'intégration sociale perdue ». These lines give a good idea of the author's style.

processi di trasformazione social-religiosa parte certamente da alcune osservazioni accettabili, ma trova a nostro avviso il suo limite proprio nelle formulazioni eccessivamente astratte e rigide, e in una certa fumosità di ricostruzioni dottrinali che contrasta con l'estrema precisione e la meticolosità seguita nella raccolta e nella registrazione dei dati oggettivi, e delle interviste.

Il culto Deima è tipicamente sincretico. I Sogni e le visioni da cui trae ispirazione la fondatrice, e su cui sempre si basano nelle loro scelte i seguaci e i sacerdoti del culto, il culto della Terra-madre invocata nelle preghiere, i sacrifici animali, la credenza nei feticci e nelle streghe, combattuta ma pur sempre ammessa, i rituali di guarigione (con acqua sacra, con la croce, con la cenere), i miti delle origini con le figure divine ancestrali tuttora persistenti, e le reinterpretazioni mitologiche delle vicende e delle figure bibliche secondo schemi tradizionali: tutto ciò costituisce la parte legata alla cultura tradizionale. D'altronde dal cristianesimo e in genere dalla Bibbia derivano la confessione pubblica, la stessa funzione carismatica della figura della profetessa (e dei profeti e profetesse che le succedono), la messa con preghiere invocanti Gesù e la croce (= Albero morto), il nome Maria assunto dalla fondatrice, i giorni (venerdì e domenica) del culto pubblico, gli interdetti morali, sessuali, alimentari (proibita la carne il venerdì), la rottura programmatica con il feticismo e con la stregoneria, il nome di 'vangeli' dato al complesso di miti reinterpretati e diffusi dalla profetessa fondatrice, o comunque riplasmati e trasmessi oralmente tra i fedeli (con numerose varianti individuali). Ma soprattutto emergono, con un ruolo salvifico determinante, i simboli d'origine cristiana, ossia l'acqua sacra, benedetta dalla profetessa e poi dai suoi rappresentanti (essa purifica e dà forza vitale), la cenere che (secondo la versione indigena) simboleggia la materia di cui Dio costituì le ossa dell'uomo, la croce, reinterpretata come 'Albero-morto', e dunque associata con il culto tradizionale

In our idea the assumption of such developmental stages as those proposed by the author is unbelievably obsolete and artificial. It seems an anachronistic exhumation of such hypostatized schemata as those which Tylor, Marett or Lubbock assumed more than a century ago, faithful to their evolutionistic presuppositions. There are some acceptable points in the interpretative reelaboration here presented; but the entire formulations appear to be excessively abstract and rigid; the doctrinal reconstructions reveal a good deal of fuzziness. All this contrasts with the extreme precision and meticulousness with which the objective data are gathered and recorded and the interviews carried out. The Deima cult is typically syncretic. The Dreams and visions that inspire the founding prophetess, which her followers and the priests always use as the basis for their choices, the cult of the Earth-mother called upon during prayer, the animal sacrifices, the belief in fetishes and witches — fought against, yet still allowed —, the healing rituals (with sacred water, the cross, ashes), the origin myths with the divine ancestral figures that persist to this day, and the mythological reinterpretations of the biblical stories and figures according to traditional schema: all this constitutes the part that is linked to the traditional culture. On the other hand, from Christianity and in general from the Bible come public confession, the charismatic configuration of the founder (and of the prophets and prophetesses who have succeeded her), the mass with prayers calling upon Jesus and the cross (= Dead Tree), the name of Mary assumed by the founding prophetess, the days (Friday and Sunday) of public worship, the ritual prohibitions concerning morals, sexuality, food (meat is forbidden on Fridays), the programmatic break with fetishism and sorcery, the name of «Gospels» given to the complex of myths reinterpreted and spread by the founding prophetess, or else reshaped and orally transmitted among the faithful (with numerous individual variants). The outstanding Christian symbols, which have a crucial

della natura e della fertilità. La stessa biografia della profetessa Bagué Honoyo rappresenta un modello 'cristiano' tipico. Ella infatti si distingue per avere seguito un voto di castità: pur dopo essere stata indotta dai familiari (suo padre era morto) a sposare, rinnegò il matrimonio per dedicarsi totalmente e liberamente alla sua religione.

Il Girard presenta una grande ricchezza di dati utilizzabili per ricostruire la storia e il carattere del movimento profetico Deima, a cui egli rivendica piuttosto stranamente, e in via di ipotesi, una autonomia da influssi diretti di missioni cristiane e perfino una totale indipendenza dai modelli dello Harrismo, che introdusse per primo forme di cristianesimo indigeno in Costa d'Avorio.

La sua opera è una miniera di notizie che ci sembra peraltro attendano ulteriori rielaborazioni o integrazioni sul piano di una storiografia socio-religiosa.

redemptive role, are the sacred water consecrated by the prophetess and by her representatives (it purifies and confers life-force), the ash which (according to the native version) symbolizes the material out of which God made man's bones, the cross, reinterpreted as 'Dead Tree' and thus associated with the traditional nature worship and fertility cults. The very biography of the prophetess Bagué Honoyo represents a typical 'Christian' model: its salient characteristic is that she took a vow of chastity despite having been persuaded by her relatives (her father was dead) to get married: she thereupon repudiated her marriage in order to devote herself totally and freely to her religion.

All this — in my view — makes clear the Christian influences on the Deima cult. However a strange thesis is held by Girard according to which Deima religion is free from the direct influence of Christian missions and even completely independent of the models of Harrism which were the first kind of native Christianity to be introduced into Ivory Coast. His work is a mine of information. However it seems to us to await further reelaboration or integration, in the framework of socio-religious historiography.

VITTORIO LANTERNARI

BRUSH, S.G.

The Kind of Motion We Call Heat

A History of the Kinetic Theory of Gases in the 19th Century
Physics and the Atomists, Book 1
Statistical Physics and Irreversible Processes, Book 2
Series: Studies in Statistical Mechanics, Vol. 6
D. Reidel Publishing Company, Amsterdam, 1977
XI+300 pp. and XIV+496 pp., $24.75 and $59.75 respectively

Stephen G. Brush è un noto specialista nel settore delle ricerche storiche aventi come oggetto lo sviluppo delle moderne teorie sui fenomeni termici, e le sue conoscenze di specialista si sono ora fuse in due volumi nelle cui pagine sono raccolti i materiali elaborati in circa vent'anni di studio e, in parte, già pubblicati in diversi articoli. Lo sfondo sul quale si viene a costruire la trattazione di Brush è costituito da quel travagliato processo storico che si avvia con i primi anni dell'Ottocento e durante il quale si realizza la complessa transizione dalla scienza classica di matrice newtoniana alla scienza che ci è contemporanea. Un processo di transizione che Brush indica, significativamente, in termini di « seconda rivoluzione scientifica », così da sottolineare la portata dei rivolgimenti che tale rivoluzione ha reso necessari e che, tanto spesso, sono messi invece in ombra da quegli storici e da quei filosofi della scienza che ancora si attardano in congetture letterarie attorno alla cosiddetta *crisi rapida* che si sarebbe verificata, in pochi anni, tra la fine dell'Ottocento e i primi del nostro secolo.
La tesi di Brush a proposito della seconda rivoluzione scientifica è stimolante, nel senso che sollecita gli studiosi ad abbandonare il punto di vista tradizionale secondo il quale « gli eventi drammatici del 1900 e del 1905 » costituiscono *l'inizio* di una trasformazione radicale del sapere: a parere di Brush, invece, quegli eventi — e cioè le teorie di Planck e di Einstein concernenti la costante

Stephen G. Brush is a well known specialist in the history of the development of modern theories of thermal phenomena. His specialist knowledge has been collected into two volumes containing material developed over about twenty years of study, part of which has already been published in various papers. Brush bases his study on the laborious historical process that started in the early 19th century and on the complex transition from classical Newtonian science to contemporary science. Significantly Brush terms this transition as the « second scientific revolution ». Thus he stresses the importance of the upheavals that this revolution made necessary, and which so often are hidden in the shadows by historians and philosophers of science who still dally with literary conjectures over the so-called *rapid crisis* that was to take place in a few years between the end of the 19th and the beginning of the 20th centuries.
Brush's thesis about the second scientific revolution is stimulating in that it urges scholars to abandon the traditional viewpoint according to which « the dramatic events of 1900 to 1905 » were the *beginning* of a radical transformation of knowledge. Instead, according to Brush, those events, that is, Planck's and Einstein's theories concerning the constant h, « were only the more visible manifestations of a larger historical process that was already well under way ».
In Brush's work, the historical dynamics

h — « furono solamente le manifestazioni più visibili di un più vasto processo storico che era già da tempo in movimento ».
La dinamica storica della teoria cinetica dei gas e della meccanica statistica non appare più, nell'opera di Brush, come uno strano fiore cresciuto più o meno abusivamente sul tronco di una scienza ottocentesca di stampo meccanicista classico. Essa, invece, viene a configurarsi come un processo di modificazione rivoluzionaria di concetti e di categorie — una modificazione rivoluzionaria *che è già in atto nella fisica ottocentesca* e la cui ricostruzione storica è basilare per comprendere la fisica di un Planck o di un Einstein.
Le trasformazioni profonde messe in campo dallo sviluppo della teoria cinetica dei gas e dalla meccanica statistica, inoltre, non costituirono, a parere di Brush, un programma di ricerca *isolato* all'interno di una scienza fisica ottocentesca ancorata all'eredità dei newtoniani. Al contrario, è l'intera fisica dello scorso secolo che Brush descrive come rivoluzionaria in quanto centrata su alcuni problemi-chiave. Essi sono individuati, rispettivamente, nel problema della propagazione della luce e del calore radiante in connessione con le loro interazioni con la materia, nel problema dei rapporti tra elettricità e magnetismo e nel problema energetico. E nelle riflessioni su tali problemi di fondo un ruolo eccezionale fu svolto dalla matèmatica, malgrado « l'assicurazione, frequentemente ripetuta, secondo cui la matematica, se fatta correttamente, è pura tautologia ».
Il punto di vista sostenuto da Brush implica altresì una revisione di altre considerazioni bene affermate. Una di esse è, ad esempio, quella secondo cui una questione cruciale per la fisica ottocentesca era data dall'insieme dei problemi sulla microstruttura della materia, con particolare riferimento alle tesi di J. Dalton. Un'altra è quella che, da decenni, privilegia il ruolo svolto dalle riflessioni e dai dibattiti ottocenteschi sulla natura dello spazio e del tempo. Non si tratta di eliminare tali classi di problemi dall'orizzonte della fisica del secolo scorso: si

of statistical mechanics and of the kinetic theory of gases no longer appears as a strange flower that grew more or less improperly on the trunk of a 19th century science of the classical mechanistic mold. Instead it is seen as a process of revolutionary modification of concepts and categories. It is a revolutionary modification that *was already taking place in 19th century physics* and whose historical reconstruction is basic for an understanding of the physics of Planck and Einstein. Furthermore, according to Brush, the profound transformations that occurred with the development of the kinetic theory of gases and statistical mechanics did not form an *isolated* research program within a view of 19th century physics tied to the Newtonian legacy. On the contrary, Brush considers all physics of the last century as revolutionary in that it concentrated on certain key problems. They are categorized into the problem of the propagation of light and radiant heat in connection with their interactions with matter, the problem of the relationship between electricity and magnetism and the problem of energy. Mathematics played an exceptional role in the thinking on these basic problems, «despite the frequently repeated assurance that mathematics, if done correctly, is pure tautology».

Brush's approach also implies that some well-established views should be revised. For example, according to one of these views, a crucial question of the 19th century physics was formed by the set of problems on the microstructure of matter, with particular reference to J. Dalton's thesis. Another opinion has, for decades, given priority to the role played by 19th century reflection and debate on the nature of space and time. It is not a matter of eliminating such classes of problems from the scope of physics of the last century. Instead it is a matter of viewing them more correctly in the light of rigorous historical investigations that delineate the main directions of the second scientific revolution without being limited to preambles on the philological significance of famous terms such as *materia-*

tratta invece di collocarle più correttamente, e cioè alla luce di indagini storiche rigorose che riescano a delineare le direttrici maggiori della seconda rivoluzione scientifica senza limitarsi a preamboli sul significato filologico di parole famose quali *materialismo, meccanicismo, determinismo*. Il che non implica affatto la riduzione al silenzio delle componenti filosofiche che fanno parte dell'impresa scientifica, ma implica, invece, una più sottile consapevolezza del ruolo che, di volta in volta, viene giocato dalle categorie filosofiche e dalle norme metodologiche nella edificazione del sapere.

È in questo contesto che Brush indica il peso della teoria cinetica nella fase di transizione dalla fisica classica alla fisica dei quanti e distribuisce il materiale di studio nei due volumi della sua opera. Il primo volume è quasi interamente dedicato alla ricostruzione storica delle indagini compiute nel secolo scorso da scienziati quali J. Herapath, J. J. Waterston, R. Clausius, J. C. Maxwell, L. Boltzmann, J. D. van der Waals e E. Mach. Non si tratta di semplici schizzi biografici, ma di una sorta di introduzione generale al secondo volume: una introduzione che sembra avere il fine di individuare certi temi di ricerca presentando l'intera gamma delle loro connessioni reciproche e senza mai sottovalutare l'impatto che su quei temi ebbero le convinzioni metodologiche e le opinioni filosofiche. Il secondo volume, più ampio del primo e corredato di una opportuna sezione bibliografica, affronta i temi suddetti secondo una linea interpretativa della quale si è già parlato in questa nota e che si articola in una vera e propria storia della teoria cinetica dei gas durante l'Ottocento, riferita sostanzialmente agli sviluppi delle ricerche sulla meccanica statistica e sui processi irreversibili. Sono particolarmente notevoli il capitolo sulla teoria ondulatoria dei fenomeni termici (una teoria che, come osserva Brush, è spesso dimenticata in sede storica, con il risultato di porre in ombra un aspetto non certo secondario della seconda rivoluzione scientifica), il capitolo sui problemi della teoria del trasporto secondo Maxwell e Boltzmann (con una ap-

lism, mechanistics and determinism. This does not suggest that one should silence the philosophical components that are part of scientific enterprises. Instead, it demands a more subtle awareness of the role that was occasionally played by the philosophical categories and by the methodological norms in the building of knowledge.

It is in this context that Brush indicates the importance of the kinetic theory in the transition phase from classical physics to quantum physics and divides the material under investigation into the two volumes of his work. The first volume is almost entirely devoted to an historical reconstruction of the inquiries carried out in the last century by scientists such as J. Herapath, J. J. Waterston, R. Clausius, J. C. Maxwell, L. Boltzmann, J. D. van der Waals and E. Mach. Brush does not simply give biographical sketches but provides a kind of general introduction to the second volume. It is an introduction whose purpose seems to be to identify certain areas of research presenting the entire gamut of their mutual connections without ever undervaluing the impact of methodological convictions and philosophical opinions concerning these areas. The second volume, larger than its companion, and complete with a suitable bibliographical section, deals with the above mentioned problems following an interpretative line which we have already mentioned. It gives a true history of the kinetic theory of gases during the 19th century, referring mainly to the developments in research on statistical mechanics and irreversible processes. Particularly outstanding are three chapters. One is on the wave theory of thermal phenomena (a theory which, as Brush remarks, is often forgotten in its historical context, with the result that an aspect of the second scientific revolution that was certainly not secondary becomes hidden). Another notable chapter deals with the problems of the theory of transport according to Maxwell and Boltzmann (with an appendix on the investigations by Chapman and Enskog). The third outstanding

pendice sulle indagini di Chapman e Enskog), nonché il capitolo conclusivo sui moti browniani, dove si analizzano le teorie di Einstein e di Smoluchowsky e gli esperimenti di Perrin.

Sembra lecito concludere queste note sottolineando che la contemporanea letteratura sulla storia delle teorie sui fenomeni termici e sulla radiazione si sta arricchendo, in questi ultimi anni, di contributi sempre più rigorosi e documentati. Il 1976, in particolare, offre, a chi voglia iniziare lo studio di tali problemi, alcuni testi esemplari: oltre ai due volumi di Stephen Brush va certamente ricordata l'accuratissima analisi che Hans Kangrö ha condotto sul processo storico che sfociò nella legge di radiazione di Planck (*Early History of Planck's Radiation Law*, Taylor & Francis Ltd, London, 1976), insieme all'antologia sulla seconda legge della termodinamica edita da Joseph Kestin (*The Second Law of Thermodynamics*, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Pennsylvania, 1976). Si tratta di lavori che, uniti ai tre volumi antologici sulla teoria cinetica che lo stesso Brush ha pubblicato tra il 1965 e il 1972 (*Kinetic Theory*, Vol. 1, 1965; Vol. 2, 1966; Vol. 3, 1972, Pergamon Press), all'antologia su Boltzmann edita nel 1974 da Brian McGuinness (*Ludwig Boltzmann, Theoretical Physics and Philosophical Problems*, with a foreword by S. R. De Groot, D. Reidel, Dordrecht, 1974) e agli studi di Martin Klein (si veda ad esempio *Max Planck and the Beginnings of the Quantum Theory*, in Arch. Hist. Exact Sci., Vol. 1, 1961) e di C. Truesdell (*Essays in the History of Mechanics*, Springer-Verlag, New York, 1968), consentono di avviare un discorso innovatore nella riscoperta della fisica dell'Ottocento, e cioè nella riscoperta di quella seconda rivoluzione scientifica che, anziché tradire — come alcuni filosofi vorrebbero — le conquiste della scienza rinascimentale, ci permette, oggi, di guardare anche a Galileo con metodi più oggettivi.

chapter is the final one on Brownian motion in which the theories of Einstein and Smoluchowsky and the experiments of Perrin are analyzed.

It seems legitimate to conclude this review by stressing that contemporary literature on the history of the theories of thermal phenomena and radiation is being enriched with increasingly rigorous and well-documented contributions. For anyone wishing to begin a study on these problems, the works published in 1976 offer some exemplary texts. In addition to the two volumes by Stephen Brush, one should also remember the very accurate analysis by Hans Kangrö on the historical process that led to Planck's radiation law (*Early History of Planck's Radiation Law*, Taylor & Francis Ltd., London, 1976) as well as the anthology on the second law of thermodynamics edited by Joseph Kestin (*The Second Law of Thermodynamics*, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Pennsylvania, 1976). The three anthologies on the kinetic theory published by Brush between 1965 and 1972 (*Kinetic Theory*, Vol. 1, 1965; Vol. 2, 1966; Vol. 3, 1972, Pergamon Press) and the anthology on Boltzmann edited in 1974 by Brian McGuinness (*Ludwig Boltzmann, Theoretical Physics and Philosophical Problems*, with a foreword by S. R. De Groot, D. Reidel, Dordrecht, 1974) and the studies by Martin Klein (see for example *Max Planck and the Beginnings of the Quantum Theory*, in Arch. Hist. Exact Sci., Vol. 1, 1961) and by C. Truesdell (*Essays in the History of Mechanics*, Springer-Verlag, New York, 1968) all encourage the start of an innovatory discussion on the rediscovery of 19th century physics, that is, the rediscovery of that second scientific revolution which instead of betraying the conquests of Renaissance science (as some philosophers would have it) today allows us to consider even Galileo with more objective methods.

ENRICO BELLONE

ALEXANDROV, V. Y. - CELLS, MOLECULES AND TEMPERATURE
Conformational Flexibility of Macromolecules and Ecological Adaption
Series: Ecological Studies, Vol. 21
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI + 330 pp., tables, DM 90,—

The book deals with investigations of cellular and molecular bases of adaption of animals, plants and microorganism to environmental temperature. The participation of proteins, nucleic and fatty acids in modificational and genutypic temperature adaptations is analyzed. Based on the evidence obtained by the autor and his colleagues over a period of 25 years, as well as on the wealth of data accumulated in the world literature, an hypothesis is advanced concerning the role of maintenance of a certain level of conformational flexibility of biological macromolecules in the adaptation of organism to environmental temperature and to other ecological factors, which affect the conformation of macromolecules. The hypothesis suggested is also of interest for ecologists and molecular biologists.

ALTMAN, P. L. and DITTMER KATZ, D. - HUMAN HEALTH AND DISEASE
Series: Biological Handbooks, Vol. II
Federation of American Societies for Experimental Biology, Bethesda (Md.), 1977
XXI + 435 pp., tables, $45.00

This book is volume II in a new series of Biological Handbooks. Each volume is devoted to the presentation of reference data on a discrete subject of vital importance to investigators, teachers, and students. Present plans are for the production of one such volume per year.

CONTENTS. - I. Infectious Diseases. - II. Immunological Factors. - III. Metabolic Disorders. - IV. Organ System Diseases. - V. Neurologic Diseases. - VI. Endocrinology and Endocrinopathies. - VII. Radiation and Radiobiology.

ARCIDIACONO, S. - L'ESPLORAZIONE FAUNISTICA DELL'AMBIENTE
Editrice La Scuola, Brescia, 1977
236 pp., figs. and tables, L. 4.500

CONTENTS. - I. Le formazioni erbacee di pianura. - II. Il bosco. - III. Il suolo e i suoi annessi. - IV. Le cavità sotterranee. - V. Le acque continentali. - VI. Le coste sabbiose e l'ambiente dunale. - VII. Il mare. - VIII. Ambienti di origine antropica. - IX. Attrezzature e metodi per allevare i piccoli animali raccolti.

BANNISTER, J. V. (ed.) - STRUCTURE AND FUNCTION OF HAEMOCYANIN
Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIV + 295 pp., figs. and tables, DM 76,—

This volume contains the proceedings of an International Workshop held at the Marine Biological Laboratory of the University of Malta. The Workshop, sponsored by the European Molecular Biology Organisation and the University of

Malta, concerned the study of the structure and function of Haemocyanin. It was the fifth of a series of such meetings organized on Haemocyanin. Current information on the function of Haemocyanin as a protein and oxygen carrier was discussed and is the focal point of this volume. Since the publishing of the proceedings of the first meeting on Haemocyanin (held in Naples some 10 years ago), it is interesting to verify that the study of this protein has indeed been greatly stimulated since that time. Novel techniques such as NMR and EPR have been introduced, the kinetics of oxygen binding by the protein has been expanded, and much more is now know about the subunit assembly.

BARTLETT, M. S. - AN INTRODUCTION TO STOCHASTIC PROCESSES
With Special Reference to Methods and Applications
Cambridge University Press, London, 1977
XVII + 388 pp., tables, £12.50

The primary aim of this book is to acquaint the applied mathematician and statistician with the new mathematical and statistical techniques for studying stochastic processes. But as processes of this kind are of universal occurrence, this book should interest a correspondingly wide range of specialist readers. The communication engineer, for example, will be interested in the chapters on stationary processes and their relevance to prediction and communication theory, and the biologist in the stochastic models for population growth and epidemics. However, the book is intended to be read as a whole, and the general mathematical methods and techniques developed in the earlier chapters form the basis for any applications, physical or biological.

BASSO, A. - IL PAZIENTE AFASICO
Guida pratica alla riabilitazione
Series: Psichiatria pratica, Vol. 3.
Feltrinelli, Milano, 1977
134 pp., tables, L. 3.500

Come vuole la collana in cui è inserito, il volume ha scopi eminentemente pratici: non pretende di insegnare cosa è l'afasia e presuppone che il lettore abbia già una solida impostazione teorica. Insegna piuttosto cosa fare nel corso della rieducazione: perchè si devono seguire certe tecniche e perchè si devono evitare certi comportamenti.

CONTENTS. - 1. Principi generali. - 2. Esercizi per la comprensione. - 3. Esercizi per l'espressione orale. - 4. Esercizi per la lettura ad alta voce. - 5. Esercizi per la scrittura. - 6. Esercizi per le difficoltà articolatorie. - 7. Agrammatismo e afasia amnestica. - 8. Tre casi clinici.

BASTIN, R. - BIOCHIMIE DU DÉVELOPPEMENT VÉGÉTAL
Thèmes centraux, Vol. 1
Albert Blanchard, Paris, 1977
407 pp., tables, Fr. 140

CONTENTS. - I. De la matière vivante. - II. Base moléculaire de l'hérédité. - III. Régulation moléculaire du développement. - IV. Régulation du cycle cellulaire. - V. Régénération et totipotence cellulaire. - VI. Quelques facettes du développement. - VII. Théories du développement.

BATESON, G. - VERSO UN'ECOLOGIA DELLA MENTE
Series: Biblioteca scientifica, Vol. 1
Adelphi Edizioni, Milano, 1977
533 pp., L. 12.000

CONTENTS. - I. Metaloghi. - II. Forma e struttura in antropologia. - III. Forma e patologia della relazione. - IV. Biologia ed evoluzione. - V. Epistemologia ed ecologia. - VI. Crisi nell'ecologia della mente.

BIGGS, N. L. - INTERACTION MODELS
Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 30
Cambridge University Press, London, 1977
101 pp., £4.50

This book is based on a set of lectures given to a mixed audience of physicists and mathematicians. The desire to be intelligible to both groups is the underlying preoccupation of the author. Physicists nowadays are particularly interested in phase transitions. The typical situation is that a system of interacting particles exhibits an abrupt change of behaviour at a certain temperature, although the local forces between the particles are thought to be smooth functions of temperature. This account discusses the theory behind a simple model of such phenomena. An important tool is the mathematical discipline known as the Theory of Graphs.

BLAKE, E. R. - MANUAL OF NEOTROPICAL BIRDS, Vol. 1
Spheniscidae (Penguins) to Laridae (Gulls and Allies)
The University of Chicago Press, London, 1977
XLVIII + 673 pp., figs. and tables, £35.00

Volume 1 covers 600 species and about 1,500 subspecies of 48 families. Volume 2, now in preparation, will treat 17 additional families, terminating with the woodpeckers. The *Manual* is handsomely illustrated with 67 wash drawings and a special section of superb plates, several in color. Ranges of most species are delineated on 237 maps. A synopsis of families, illustrated with line drawings, directs the user to the appropriate section, which provides keys to the species. Each species account includes the scientific and English names, a brief characterization, description of plumages, a summary of distribution, and reference to the preferred habitat. Often there are references to published life histories and important biological data.

BURKS, A. W. - CHANCE, CAUSE, REASON
An Inquiry into the Nature of Scientific Evidence
The University of Chicago Press, Chicago, 1978
XVI + 694 pp., tables, £19.25

The logic of probability is a major topic of this book. The author offers a modern formulation of Hume's criticism of induction, arguing that because there are alternative inductive logics, the use of standard inductive logic cannot be justified without circularity.

CONTENTS. - 1. Concepts and Problems. - 2. The Calculus of Inductive Probability. - 3. Alternative Inductive Logics and the Justification of Induction. - 4. Probability and Action. - 5. The Pragmatic Theory of Inductive Probability. - 6. The Logic of Causal Statements as a Formal Language. - 7. The Logic of Causal Statements as a Model of Natural Language. - 8. The Dispositional Theory of Empirical Probability. - 9. Cause and Chance in Space-Time Systems. - 10. The Presupposition Theory of Induction. - 11. Chance, Cause, and Reason.

BUTTS, R. E. and HINTIKKA, J. (eds.) - PROCEEDINGS OF THE FIFTH INTERNATIONAL CONGRESS OF LOGIC, METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE, 1975
Series: The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science, Vols. 9, 10, 11 and 12
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1977

LOGIC, FOUNDATION OF MATHEMATICS, AND COMPUTABILITY THEORY, Part I, x + 406 pp., Dfl. 100,—

FOUNDATIONAL PROBLEMS IN THE SPECIAL SCIENCES, Part II, x + 422 pp., Dfl. 100,—

BASIC PROBLEMS IN METHODOLOGY AND LINGUISTICS, Part III, x + 318 pp., Dfl. 100,—

HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL DIMENSION OF LOGIC, METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE, Part IV, x + 332 pp., Dfl. 100,—

These are four volumes comprising the papers submitted for publication by the invited participants to the Fifth International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, held at the University of Western Ontario, London, Canada from 27 August to 2 September 1975. The Congress was held under the auspices of the International Union of History and Philosophy of Science, Division of Logic, Methodology and Philosophy of Science. As those associated closely with the work of the Division over the years know well, the work undertaken by its members spans a number of fields not always related. The proceedings of the Congress are therefore presented as four relatively self-contained volumes. The papers in the first volume are concerned with mathematical logic, foundations of mathematical theories, computability theory, and the philosophy of logic and mathematics. The papers in the second volume are concerned with foundational problems in the physical sciences, biology, psychology and the social sciences. The papers in the third volume are concerned with the general methodology of science, the foundations of probability and induction, and the foundations of linguistics. The papers in the fourth volume are concerned with the history of logic, methodology and philosophy of science, together with papers on the foundations of physics, on general methodology and on theory change.

CAMPBELL, G. S. - AN INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL BIOPHYSICS
Series: Heidelberg Science Library
Springer-Verlag, New York, 1977
xv+159 pp., tables, DM 20,20

This book describes the physical microenvironment of living organisms. It presents a simplified discussion of heat and mass transfer models and applies them to exchange processes between organisms and their surroundings. Emphasis is placed on teaching the student how to calculate actual transfer rates, rather than just studying the principles involved. Numerical examples are provided to illustrate many of the principles, and problems are included at the end of each chapter to help the student develop skills in using the equations and to gain an understanding of modern environmental biophysics.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Temperature. - 3. Environmental Moisture. - 4. Wind. - 5. Radiation. - 6. Heat, Mass, and Momentum Transfer. - 7. Animals and their Environment. - 8. Humans and their Environment. - 9. Plant and their Environment. - 10. Exchange Processes in Plant Canopies.

CARTER, C. O. and PEEL, J. (eds.) - EQUALITIES AND INEQUALITIES IN HEALTH
Academic Press, London, 1977
x+170 pp., tables, £4.80

This volume, the proceedings of the Twelfth Annual Symposium of the Eugenics Society, is the second in a trilogy devoted to equalities and inequalities in contemporary society, the first having been concerned with education. Leading experts from a number of fields including medicine, biology, sociology and administration seek in their papers to outline and examine the ways in which genetic, environmental and societal factors affect health. The survey is not limited to the United Kingdom, but discusses the growth of health services in the developing countries. It also draws comparisons between Britain and other European countries. This work should be of great value to undergraduate and graduate students in a wide range of disciplines — medicine, sociology, politics, administration and social work. Being free of professional and technical jargon it should also prove worthwhile reading for anyone interested in the way society functions.

DAGG, A. I. - RUNNING, WALKING AND JUMPING
Series: The Wykeham Science Series
Wykeham Publications Ltd., London, 1977
x+146 pp., tables, £3.25

CONTENTS. - 1. Historical Approach. - 2. Adaptations of Locomotion. - 3. Morphology of Vertebrates. - 4. Human Walking and Running. - 5. Athletics. - 6. Walking and Running in Four-legged Mammals. - 7. Walking and Running in Lower Vertebrates. - 8. Hopping and Jumping in Vertebrates. - 9. Tracks of Vertebrates. - 10. Invertebrate Locomotion.

DAVIES, A. C. - THE SCIENCE AND PRACTICE OF WELDING
Cambridge University Press, Cambridge, 1977 (7th Ed.)
XIII+713 pp., figs. and tables, £7.00

CONTENTS. - 1. Welding Science. - 2. Metallurgy. - 3. Oxy-acetylene Welding. - 4. Basic Electrical Principles. - 5. Manual Metal Arc Welding. - 6. Tungsten Electrode, Inert Gas Shielded Welding Processes (TIG), and the Plasma Arc Process. - 7. Gas Shielded Metal Arc Welding. - 8. Resistance Welding and Flash Butt Welding. - 9. Additional Processes of Welding. - 10. Cutting Processes. - 11. Inspection and Testing of Welds. - 12. Engineering Drawing and Welding Symbols. - 13. Metallic Alloys and Equilibrium Diagrams.

DELISI, C. - ANTIGEN ANTIBODY INTERACTIONS
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 8
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IV+142 pp., tables, DM 18,—

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Hinge and Valence Effects on Antibody Binding Properties. - 3. Combining Site Heterogeneity. The Free Energy Distribution Function. - 4. Combining Site Heterogeneity. Immunodiffusion. - 5. The Theory of Plaque Growth Kinetics for a Lymphocyte Source. - 6. Plaque Inhibition: Growth in the Presence of Competitive Interactions. - 7. Applications of Plaque Growth Theory and Immunological Implications. - 8. Dynamical Phenomena on Lymphocyte Membranes.

GLOVER, T., HARWOOD, G. E. and LYTHGOE, J. N. - A MANUAL OF UNDERWATER PHOTOGRAPHY
Academic Press, London, 1977
XIII+219 pp., figs. and tables, £9.60

CONTENTS. - 1. Problems of Underwater Photography, by J. N. LYTHGOE. - 2. Existing Cameras and Cases, by G. E. HARWOOD. - 3. Case Construction, by T. GLOVER. - 4. Lenses and Ports, by G. E. HARWOOD. - 5. Additional Light Source, by G. E. HARWOOD. - 6. Exposure and Exposure Meters, by G. E. HARWOOD. - 7. Films and Processing, by G. E. HARWOOD. - 8. Filters, by J. N. LYTHGOE. - 9. Techniques and Ancillary Equipment, by G. E. HARWOOD and J. N. LYTHGOE. - 10. Cine, by T. GLOVER.

GOLD, V. and BETHELL, D. (eds.) - ADVANCES IN PHYSICAL ORGANIC CHEMISTRY, Vol. 14
Academic Press, London, 1977
VIII+374 pp., tables, £16.00

CONTENTS. - 1. Medium Effects on the Rates and Mechanisms of Solvolytic Reactions, by T. W. BENTLEY and P. VON R. SCHLEYER. - 2. The Reactivity-Selectivity Principle and its Mechanistic Applications, by A. PROSS. - 3. Physical Organic Chemistry of Reactions in Dimethyl Sulphoxide, by E. BUNCEL and H. WILSON. - 4. Kinetics of Organic Reactions in Water and Aqueous Mixtures, by M. J. BLANDAMER.

KNIGHT, D. - ZOOLOGICAL ILLUSTRATION
An Essay towards a History of Printed Zoological Pictures
Dawson & Son Ltd./Archon Books, Folkestone/Hamden (Ct.), 1977
XII + 204 pp., figs. and tables, £10.00

CONTENTS. - 1. The Purpose of Zoological Illustration. - 2. Techniques of Zoological Illustration. - 3. Zoological Works to the Time of Linnaeus. - 4. The Great Age of Illustrated Works. - 5. The Modern Period.

KWART, H. and KING, K. G. - d-ORBITALS IN THE CHEMISTRY OF SILICON, PHOSPHORUS AND SULFUR
Series: Reactivity and Structure Concepts in Organic Chemistry, Vol. 3
Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII + 220 pp., tables, DM 86,—

CONTENTS. - I. Introduction - dπvs. dσ Bonding. - II. Theoretical Basis for d-Orbital Involvement. - III. Physical Properties Related to dp-π Bonding. - IV. The Effects of dp-π Bonding on Chemical Properties and Reactivity. - V. Pentacovalency.

XXX - LANDOLT-BÖRNSTEIN - NUMERICAL DATA AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY
Crystal Structure Data of Inorganic Compounds, Vol. 7, Part f
Series: New Series, Group III: Crystal and Solid State Physics
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XXVI + 778 pp., tables, DM 780,—

The volume *Crystal Structure Data of Inorganic Compounds* contains structure data of inorganic substances, the crystal structures of which were examined by means of various diffraction techniques (X-ray diffraction, neutron diffraction and electron diffraction), and where at least the lattice constants have been determined. Additionally substances have been included, where isotypism with substances of well known crystal structure has been confirmed. The real structure of the crystals (dislocations, ...) was generally not taken into consideration.

CONTENTS. - 1. Subject Matter. - 2. Arrangement of the Substances. - 3. Selection and Arrangement of Information in the Tables. - 4. References used in the Introduction. - 5. List of the Space-group Symbols for Various Settings. - 6. List of Symbols and Abbreviations. - Tables. XIX. Compounds with the Key Elements Chromium, Molybdenum, and Tungsten. - XX. Compounds with the Key Elements Manganese, Technetium, and Rhenium. - XXI. Compounds with the Elements Iron, Cobalt, Nickel, Ruthenium, Rhodium, Palladium, Asmium, Iridium, and Platinum.

XXX - LA VITA SULLA TERRA
Zanichelli, Bologna, 1977
VI + 881 pp., figs. and tables, L. 23.800

Il volume presenta la biologia fondamentale com'è in realtà. Gli autori hanno evitato di deformare l'argomento per farlo sembrare un'appendice allo studio dell'uomo o una tecnica per facilitare il controllo dell'ambiente. In questo lavoro di gruppo tre autori, Wilson, Eisner e Boggs, hanno svolto anche la funzione di redattori, coordinando il lavoro dei loro colleghi e suggerendo di rivedere alcune parti e di dare maggiore importanza ad altre. Il volume è il pioniere di una nuova generazione di testi di biologia per l'università. È stato scritto secondo un programma che, certo, sarà seguito per molti anni.

CONTENTS. - 1. La vita sul terzo pianeta. - I. La cellula. 2. L'architettura della cellula. - 3. Molecole piccole. - 4. Molecole giganti. - 5. Reazioni biologiche. - 6. La molecola enzimatica. - 7. Energia, luce e vita. - 8. Informazione, codici e geni. - 9. Genetica dei microbi. - 10. Genetica classica. - 11. Il controllo della chimica cellulare. - II. La vita pluricellulare. 12. Lo sviluppo: dalla cellula all'organismo. - 13. Lo sviluppo: dalla molecola alla cellula. - 14. Riproduzione. - 15. Fonti di carbonio e azoto. - 16. Scambio gassoso. - 17. Sistemi di trasporto. - 18. L'ambiente interno. - 19. Neurobiologia. - 20. Effettori. - 21. Comportamento: istinto ed etologia. - 22. Modificazione del comportamento. - III. La diversità della vita. 23. Le origini. - 24. Tassonomia e filogenesi. - 25. Microrganismi. - 26. Funghi e piante. - 27. Animali. - IV. La strategia dell'evoluzione. 28. Il processo dell'evoluzione. - 29. Evoluzione molecolare. - 30. La moltiplicazione della specie. - 31. Biogeografia. - 32. Accrescimento e interazione delle popolazioni. - 33. Ecosistemi. - 34. Comportamento sociale. - 35. L'evoluzione dell'uomo. - V. Futuri alternativi. 36. Verso un ecosistema stabile. - 37. Sconfitta per abbandono.

LEHNER, T. (ed.) - THE BORDERLAND BETWEEN CARIES AND PERIODONTAL DISEASE
Proceedings of a Conference sponsored by the Royal Society of Medicine, 28 February 1977
Academic Press/Grune & Stratton, London/New York, 1977
IX + 253 pp., figs. and tables, £11.00

An interdisciplinary approach was adopted at the Symposium, to bring together scientists investigating caries and periodontal disease and then to establish a dialogue between epidemiologists, microbiologists, electron microscopists, biochemists and immunologists. This book discusses the mechanisms concerned in the development of periodontal disease and caries. Particular attention is focused on dental bacterial plaque and the fine structural and immunological changes this induces in the gingiva. The immune responses, in terms of the lymphoproliferative responses to plaque, polysaccarides and the defensive and offensive immunological reactions are discussed in depth. Crevicular fluid is common to both periodontal disease and caries and the enzyme reactions, phagocytic and killing capacity are considered in detail. The mode of action of Chlorhexidine is also discussed.

*** LES SOURCES FROIDES DES CENTRALES ÉLECTRIQUES
Cycle de conférences tenu a Royaumont du 6 au 10 octobre 1975
Series: Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, Vol. 28

Eyrolles Editeur, Paris, 1977
IX + 495 pp., figs. and tables, Fr. 284

Les cycle de conférences de Mécanique des fluides, organisé chaque année par le Commissariat à l'Energie Atomique et Electricité de France, qui s'est tenu en 1975 à Royaumont, a été consacré aux problèmes de refroidissement des grands équipements industriels. Les 24 communications présentées à ce cycle de conférences permettent de faire le point de l'étude des connaissances dans les différents domaines: problèmes d'hydrodynamique et de thermique posés par la réfrigération des centrales; études de physico-chimie et d'environnement, enfin perspectives et développement économiques. Une place particulière est donnée aux systèmes de réfrigération en circuit fermé de grande puissance.

LEWIS, D. H. (ed.) - 9TH EUROPEAN CONFERENCE ON MICROCIRCULATION
Antwerp 1976
Recent Advances in Basic Microcirculatory Research, Part I
Recent Advances in Clinical Microcirculatory Research, Part II
Series: Bibliotheca Anatomica, Vols. 15 and 16
S. Karger, Basel, 1977
XXVIII + 572 and XXVIII + 556 pp., tables, SFr. 198.- respectively

These two volumes report the communications of the 9th European Conference on Microcirculation. Derived from a large number of diversified symposia and free communications, these volumes provide a complete overview of all major areas of microcirculatory research. No other publication offers so detailed and thorough a report on new developments in this field. Information contained in these volumes is equally valuable to non-specialists who seek acquaintance with major developments and trends and to specialists who need a reference work of in-depth information. The volumes' up-to-date contents provide an important guide to emerging principles of medical therapy in the field of microcirculation. Research workers in microcirculation will find these works particularly important as will doctors treating diabetes, skin diseases, and cancer, and workers in the field of ophthalmology.

LEWIS, I. (ed.) - SYMBOLS AND SENTIMENTS
Cross-cultural Studies in Symbolism
Academic Press, London, 1977
X + 300 pp., £8.50

CONTENTS. - 1. Introduction, by I. M. LEWIS. - 2. Magic, Perfume, Dream, by A. GELL. - 3. A Mother's Brother to a Sister's Son, by G. LEWIS. - 4. Ill at Ease and Sick at Heart: Symbolic Behaviour in a Sudanese Healing Cult, by P. CONSTANTINIDES. - 5. The Meaning of Africa in Haitian Vodu, by S. LAROSE. - 6. Symbolic Action and the Structure of the Self, by A. COHEN. - 7. Is Freudian Symbolism a Myth?, by C. RYCROFT. - 8. The Implications of Psychedelic Research for Anthropology: Observations from LSD Psychotherapy, by S. GROF. - 9. The Roots of Violence and Symbolism in Childood and Adolescence, by J. PAYNE. - 10. Representation through Intimacy, by D. STARKEY. - 11. Moral Order and Mental Derangement, by V. SKULTANS. - 12. Aspects of Hindu Asceticism, by A. CANTLIE. - 13. Virgin and Mother, by P. HERSHMAN.

NICOLAU, C. and PARAF, A. (eds.) - STRUCTURAL AND KINETIC APPROACH TO PLASMA MEMBRANE FUNCTIONS
Proceedings of a Meeting held on September 6-9, 1976 in Grignon (France)
Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIV + 204 pp., figs. and tables, DM 58.—

This book is an up-to-date synthesis of advances in the field of membrane research. It covers the structural aspects e.g., lipidprotein interactions, domain formation, and cooperative phase transitions, freeze facture and spin-label studies of membranes, lipid organization, structure and shape of membrane proteins. Functional studies are also reported regarding enzymic activities associated with membranes, their modulation by different ligands, changes occuring in the membranes upon tumor-virus transformation, correlation of the density-dependent cell-growth control with physical parameters, correlation of the membrane structure with optimal enzymic function, etc. The aim of this book is to give an insight into the structure-function relationship in membranes as seen both from the physical and from the biological standpoint.

NIKOLIC, M. (ed.) - METHODS IN SUBNUCLEAR PHYSICS, Vol. 5
Proceedings of the International School of Elementary Particle Physics, Herceg-Novi (Yugoslavia)
Gordon and Breach, London, 1977
VI + 496 and VI + 364 pp., tables, £42.90

CONTENTS. - PART 1. - I. Coherent Production. 1. Theory of High Energy Hadron Nucleus Collisions, by R. J. GLAUBER. - 2. Coherent Scattering of High Hadrons on Light Nuclei, by L. BERTOCCHI. - 3. The Inelastic Sheilding Effect, by L. STODOLSKY. - 4. Experimental Analysis of Elastic and Inelastic Interactions on Nuclei, by G. BELLINI. - 5. Pion-Deuteron Coherent Scattering Experiments, by M. GIORGI. - 6. Interactions of Kaons with Nuclei, by W. B. FRETTER. - 7. Coherent Production of Resonances in Nuclei, by H. J. LUBATTI. - 8. Interactions of Photons with Matter, by S. TING. II. Elementary Particles and Nuclear Physics. 1. Selected Topics in Pion-Nucleus Interactions, by T. E. O. ERICSON. - 2. Mesic Atoms, by H. DANIEL. - 3. Some New Developments in Nuclear Physics, by N. POVH. - 4. Λ-N Interaction and Hypernuclei Spectroscopy, by J. PNIEWSKY. - PART 2. - III. Regge Poles and Multiparticles Systems. 1. Introduction to Regge Poles, by L. JAUNEAU. - 2. Reggeization of Two-Body Interactions, by B. DIU. - 3. Observable Effects of the Singularities of Triangular and Square Graphs, by B. N. VALUEV. - 4. Analysis of High Energy Multiparticle Hadron Collisions, by O. CZYZEWSKY. - 5. Connection between Elastic and Inelastic Processes at High Energy, by L. MICHEJDA. - 6. Multiparticle Phenomenology, by CHAN-HONG-MO. - IV. Seminars. 1. On Non-Local *S* Matrix, by D. I. BLOKHINTSEV. - 2. Some Experimental Problems in K-Meson Decay, by P. PETIAU. - 3. CP Test in Three-Pion Decays of Neutral K Mesons, by W. FRY. - 4. High Energy Physics in the U.S.S.R., by V. KAFTANOV. - 5. Rapid On-Line Spatial Reconstruction for Bubble Chambers, by A. WERBROUCK.

WELLS, P. N. T. - BIOMEDICAL ULTRASONICS
Series: Medical Physics Series
Academic Press, London, 1977
IX + 635 pp., tables, £24.00

The importance of biomedical ultrasonics has greatly increased in the last few years — the impact which ultrasonic methods now have on health care exceeds all early expectation. This book will contribute to the development of the subject by serving as the primary source of reference for everyone interested in the basic principles and applications of ultrasonic energy in medicine and biology.

CONTENTS. - 1. Wave Fundamentals. - 2. Radiation. - 3. Generation and Detection. - 4. Velocity, Absorption and Attenuation in Biological Materials. - 5. Scattering by Biological Materials. - 6. Pulse-echo Methods. - 7. Doppler Methods. - 8. Other Diagnostic Methods. - 9. Biological Effects. - 10. Functional Modifications: Clinical Applications.

WHELDALL, K. - IL COMPORTAMENTO SOCIALE
Series: Introduzione alla psicologia, Psicologia sociale, Vol. 1
Zanichelli, Bologna, 1977
VIII + 136 pp., L. 2.000

CONTENTS. - 1. Introduzione. - 2. Apprendimento sociale. - 3. Linguaggio e comunicazione. - 4. Atteggiamenti e pregiudizio. - 5. Gruppi, conformismo ed aiuto.

WHITAKER, S. - FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF HEAT TRANSFER
Pergamon Press, New York, 1977
XV + 556 pp., figs. and tables, $50.00

CONTENTS. - Design Problem I. 1. Introduction. - Design Problem II. 2. Steady, One-dimensional Heat Conduction. - Design Problem III. 3. Two-dimensional Steady Heat Conduction. - Design Problem IV. 4. Transient Heat Conduction. - Design Problem V. 5. The Basic Equations of Momentum and Energy Transport. - Design Problem VI. 6. Turbulent Flow. - Design Problem VII. 7. Macroscopic Balances. - Design Problem VIII. 8. Thermal Radiation. - Design Problem IX. 9. Radiant Energy Exchange. - 10. Heat Transfer with Boiling and Condensation. - 11. Design of Heat Exchanges.

WIESER, W. - KONRAD LORENZ E I SUOI CRITICI
Series: Collana di Metodologia delle scienze e di Filosofia del linguaggio, Vol. 12
Armando Armando Editore, Roma, 1977
126 pp., L. 3.000

CONTENTS. - 1. Il paradigma. - 2. Storia del problema. - 3. Alternative. - 4. L'ambiente. - 5. Pulsioni e strutture. - 6. Evoluzione. - 7. Tendenza e concetto. - 8. I rapporti sociali. - 9. Polimorfismo, carattere e società.

WOOD, B. J. and FRASER, D. G. - ELEMENTARY THERMODYNAMICS FOR GEOLOGISTS
Oxford University Press, Oxford, 1976
XIII + 303 pp., tables, £2.95

CONTENTS. - 1. Introduction and Definitions. - 2. Standard States, Activities and Fugacities. - 3. Multicomponent Solids and Fluids. - 4. Geothermometry and Geobarometry. - 5. Silicate Melts. - 6. Behaviour of Trace Components. - 7. Estimation of Thermodynamic Data. - Appendix: The Thermodynamic Properties of Gases.

ZANUSSI, C. - TERAPIA MEDICA PRATICA
UTET, Torino, 1977
XXXV + 1183 pp., tables, L. 47.000

Questo libro nasce dalla discussione al letto del malato. La quotidiana pratica di una corsia di medicina generale chiarisce infatti la complessità dei problemi terapeutici attuali, che esigono, per essere risolti, una visione integrata di nozioni e comportamenti pertinenti a branche diverse della medicina. Lo scopo di questo volume è di indicare una linea di condotta semplice e razionale, guidata dalle sempre più vaste conoscenze farmacologiche e dalla quotidiana esperienza e tesa, quanto più possibile, ad una terapia delle cause prima che degli effetti. Il testo è frutto di una continua discussione e rielaborazione dove sono intervenuti, oltre ai diretti collaboratori, colleghi che operano in altre discipline, medici pratici e studenti. La decisione di indicare il nome commerciale dei prodotti è stata adottata non a scopo di eccessiva facilitazione ma per evitare perplessità o confusioni nella ricettazione, essendo spesso i dosaggi diversi da quelli di comune impiego. Questo libro è impostato su una serie di scelte dettate dalla esperienza personale, ma soprattutto fondate sui dati farmacologici e clinici atti a dimostrare la efficacia e relativa innocuità di una terapia. Particolare attenzione è stata infatti dedicata agli effetti collaterali che possono rappresentare una scelta ragionata nei confronti del male minore, ma che spesso costituiscono la conseguenza di una insufficiente attenzione o di una scarsa conoscenza delle proprietà dei farmaci impiegati.

CONTENTS. - I. Problemi generali di terapia. 1. Terapia dei disturbi della cenestesi. - 2. Terapia dei disturbi del bilancio idro-elettrolitico e dell'equilibrio acido-base. - 3. Terapia dello shock. - 4. Terapia delle malattie emorragiche. - 5. Terapia anticoagulante. - 6. Terapia geriatrica. - II. Malattie infettive e parassitarie. 7. Terapia sintomatica delle malattie infettive. - 8. Generalità sulla terapia chemio-antibiotica. - 9. Terapia delle singole sindromi infettive. - 10. Terapia delle micosi. - 11. Terapia delle elmintiasi. - 12. Terapia della tubercolosi. - 13. Profilassi e disposizioni legislative delle malattie infettive. - III. Malattie tropicali. 14. Princìpi generali di terapia. - IV. Malattie allergiche e immunopatologiche. 15. Princìpi generali di terapia. - 16. Terapia delle malattie allergiche. - 17. Terapia delle connettiviti diffuse. - 18. Terapia delle malattie da deficienza immunologica. - V. Malattie del cuore. 19. Terapia dello scompenso cardiaco. - 20. Terapia delle aritmie. - 21. Terapia dei vizi valvolari e delle cardiopatie congenite. - 22. Terapia dell'insufficienza coronarica. - 23. Terapia del cuore polmonare. - 24. Terapia delle miocardio- e pericardiopatie. - 25. Terapia delle alterazioni della pressione arteriosa. - VI. Malattie vascolari periferiche. 26. Terapia delle malattie delle arterie. - 27. Terapia delle malattie delle vene e dei linfatici. - VII. Ma-

lattie dell'apparato respiratorio. 28. Princìpi generali di trattamento. - 29. Terapia delle infezioni broncopolmonari. - 30. Terapia delle sindromi dispnoizzanti. - 31. Terapia delle malattie della pleura. - VIII. Malattie dell'apparato urogenitale. 32. Terapia della insufficienza renale acuta (IRA). - 33. Terapia della insufficienza renale cronica. - 34. Terapia dialitica. - 35. Terapia delle nefropatie gromerulari. - 36. Terapia delle malattie delle vie urinarie. - IX. Malattie dell'apparato digerente. 37. Princìpi generali di trattamento. - 38. Terapia delle malattie dell'esofago e dello stomaco. - 39. Terapia delle malattie dell'intestino. - 40. Terapia delle malattie del pancreas. - 41. Terapia delle malattie del fegato. - 42. Terapia delle malattie delle vie biliari. - X. Malattie del sangue e degli organi emolinfatici. 43. Terapia dell'anemia. - 44. Terapia delle terapie miclo- e linfoproliferative. - 45. Terapia delle malattie immunoproliferative. - XI. Malattie del ricambio. 46. Terapia del diabete. - 47. Terapia delle ipoglicemie. - 48. Terapia della gotta. - 49. Terapia delle magrezze. - 50. Terapia dell'obesità. - XII. Malattie endocrine. 51. Terapia delle malattie dell'ipofisi. - 52. Terapia delle malattie della tiroide. - 53. Terapia delle malattie surrenali. - 54. Terapia delle malattie delle gonadi. - 55. Terapia delle malattie della paratiroide. - XIII. Malattie dell'apparato locomotore. 56. Terapia delle artropatie. - 57. Terapia delle malattie muscolari e tendinee. - 58. Terapia delle malattie delle ossa. - XIV. Malattie del sistema nervoso. 59. Terapia delle vasculopatie cerebrali. - 60. Terapia delle epilessie. - 61. Terapia di altri quadri morbosi neurologici. - 62. Terapia delle malattie neuromuscolari. - XV. Malattie psichiatriche. 63. Malattie degli stati di agitazione. - 64. Terapia degli stati di ansia e angoscia. - 65. Terapia degli stati confusionali. - 66. Terapia degli stati deliranti. - 67. Terapia degli stati depressivi. - 68. Terapia delle insonnie. - 69. Terapia delle nevrosi. - 70. Terapia delle tossicomanie. - 71. Terapia della anoressia mentale o psichica o nervosa. - 72. Terapia delle disfunzioni sessuali. - XVI. Malattie neoplastiche. 73. Princìpi generali di trattamento. - 74. Trattamento delle diverse neoplasie. - XVII. Malattie dermatologiche e veneree. 75. Terapia delle malattie cutanee e mucose. - 76. Terapia delle malattie veneree. - XVIII. Intossicazioni esogene. 77. Princìpi generali di trattamento. - 78. Terapia specifica. - XIX. Ipovitaminosi. - XX. Princìpi di dietetica e schemi dietetici. - XXI. Riabilitazione. 79. Norme generali. - 80. Presidi terapeutici specifici. - 81. Cenni di terapia riabilitativa specifica delle principali malattie invalidanti.

ZARUBA, Q. and MENCL, V. - ENGINEERING GEOLOGY
Series: Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 10
Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976
504 pp., figs., tables and plates, Dfl. 97,00

The authors have endeavoured to include in their book the necessary amount of geological information and at the same time to discuss the application of geological knowledge to engineering structures in sufficient detail. For the English translation the third Czech edition has been used, which has thoroughly been rewritten and complemented. Mechanical properties of rocks and weathering, which are important factors in all branches of engineering geology, are summarized in separate chapters. The paragraph on engineering-geological maps is new and the chapter on geological studies for regional planning and natural environment protection has been substantially extended. The chapter on landslides has been

somewhat reduced since the subject was dealt with comprehensively in volume 2 of the series "Development in Geotechnical Engineering". The book is designed particularly for the students of engineering geology but will be equally valuable for planners, civil engineers and graduated engineering geologists.

ZEEMAN, E. C. - CATASTROPHE THEORY: SELECTED PAPERS, 1972-1977
Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), 1977
x + 675 pp., tables, $14.50

This book is a collection of papers that are variations on a common theme: the use of elementary catastrophes for modelling in the sciences. Catastrophe theory has many aspects, ranging from theorems in pure mathematics and applications in classical applied mathematics, to the more novel types of modelling in the biological and behavioural sciences. Each aspect demands its own language; and each of the papers in the book was written with one particular aspect in mind and first published in a journal or proceedings oriented to that aspect. In order to preserve those particularities, the papers are reprinted here unaltered.

CONTENTS. - 1. General Introductory Papers. - 2. Biological Sciences. - 3. Social Sciences. - 4. Physical Sciences. - 5. Mathematics. - 6. Discussion.

ZETTLER, F. and WEILER, R. (eds.) - NEURAL PRINCIPLES IN VISION
Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1977
x + 430 pp., figs. and tables, DM 96,—

CONTENTS. - Opening Remarks, by H. AUTRUM. - I. Vertebrates. 1. Patterns of Golgi-Impregnated Neurons in a Predator-Type Fish Retina, by H.-J. WAGNER. - 2. A Comparative Study of the Horizontal Cells in the Vertebrate Retina: I. Mammals and Birds, by A. GALLEGO. - 3. Neuronal Connections and Cellular Arrangement in the Fish Retina, by J. H. SCHOLES. - 4. Golgi, Procion, Kernels and Current Injection, by K. NAKA. - 5. Electrophysiological and Histological Studies of the Carp Retina, by R. WEILER and F. ZETTLER. - 6. Interactions and Feedbacks in the Turtle Retina, by M. G. F. FOURTES. - 7. Interactions between Cones and Second-Order Neurons in the Turtle Retina, by L. CERVETTO. - 8. Synaptic Transmission from Photoreceptors to the Second-Order Neurons in the Carp Retina, by A. KANEKO and H. SHIMAZAKI. - 9. Retinal Physiology in the Perfused Eye of the Cat, by G. NIEMEYER. - II. Arthropods. 1. Adaptations of the Dragonfly Retina for Contrast Detection and the Elucidation of Neural Principles in the Peripheral Visual System, by S. B. LAUGHLIN. - 2. Voltage Noise in Insect Visual Cells, by U. SMOLA. - 3. Spectral and Polarization Sensitivity of Identified Retinal Cells of the Fly, by M. JÄRVILEHTO and J. MORING. - 4. Neuronal Processing in the First Optic Neuropile of the Compound Eye of the Fly, by F. ZETTLER and R. WEILER. - 5. Beyond the Wiring Diagram of the Lamina Ganglionaris of the Fly, by V. BRAITENBERG and W. BURKHARDT. - 6. Mosaic Organizations, Layers, and Visual Pathways in the Insect Brain, by N. J. STRAUSFELD. - 7. Structure and Function of the Peripheral Pathway in Hymenopterans, by R. WEHNER. - 8. Neuronal Architecture

and Function in the Ocellar System of the Locust, by J. A. PATTERSON. - 9. The Resolution of Lens and Compound Eyes, by K. KIRSCHFELD. - III. Molluscs. 1. Ultrastructural Observations on the Cortex of the Optic Lobe of the Brain of Octopus and Eledone, by N. M. CASE. - 2. The Question of Lateral Interactions in the Retina of Cephalopods, by G. D. LANGE, P. H. HARTLINE and A. C. HURLEY. - 3. Hyperpolarizing Photoreceptors in Invertebrates, by J. S. MCREYNOLDS. - 4. The Economy of Photoreceptor Function in a Primitive Nervous System, by D. L. ALKON.

ZWART, P. J. - ABOUT TIME
North Holland/American Elsevier, Amsterdam/New York, 1976
VI+266 pp., $20.50

This book is an attempt to clarify a number of philosophical issues about time. In order to establish a working hypothesis, the author first considers the fundamental question "What is time?". The conclusion reached is that the only tenable view is a relational one, in which events are fundamental and time merely a concept based on the fact that one event is observed to occur after another. From this standpoint, specific problems of time are investigated. The chapters stand more or less apart from each other and deal with separate topics such as: the measurement of time; the idea that time is something which flows; rate and direction; time reversal; relativity of time; structure of time (continuous or discontinuous, finite or infinite, cyclic or linear). Two of the chapters deal with issues which are only indirectly connected with time; one discusses the direction of natural processes, particularly with regard to changes in entropy, while the other discusses Zeno's paradoxes of motion, arguing that they are intimately connected with the structure of space and time.

Copyright by SCIENTIA - All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of SCIENTIA.

SCIENTIA si pubblica 3 volte all'anno: Luglio, Ottobre, Dicembre. Ogni numero è di circa 400 pagine.
Gli articoli si pubblicano nella lingua dell'autore e nelle traduzioni integrali italiana e inglese.
Tutti gli abbonamenti partono da Gennaio e devono essere pre-pagati.
Abbonamento in Italia: 1 anno Lire 18.000 - Una copia Lire 8.500. Copia di saggio Lire 3.000.
Gli ordini possono essere effettuati attraverso la vostra libreria o direttamente
all'Amministrazione di Scientia o sul c/c postale N. 29479201 Scientia - 20122 Milano

SCIENTIA is published three times a year: July, October, December. Each number containing about 400 pages. All articles published in the author's own language will have an English translation as well as an Italian one.
All subscriptions commence from January and must be pre-paid.
Subscriptions Europe: 1 year Lire 24.000 - Other countries: 1 year US $40.00
Single copy Lire 10.000 or US $14.00. Specimen copy Lire 3.500 or US $4.00
Please apply all orders through your Newsagent or directly to
Scientia - Via Guastalla, 9 - 20122 Milano, Italy

SCIENTIA pubblica soltanto articoli esplicitamente richiesti dalla Direzione.
SCIENTIA publishes only articles expressly commissioned by the Management.

Representatives abroad:

Austria - Gerold & Co., Graben 31, A-1011 Wien. – **Central America** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Far East** - Maruzen Company, Ltd. - P.O. Box 605, Tokyo Central. – **Germany** - H. Bouvier u. Co. - Am Hof 32, D 5300 Bonn – **Mexico** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Portugal** - Livraria Fernando Machado - Rua das Carmelitas 15, Oporto. – **Spain** - Libreria Editorial Augustinus - Gaztambide 75, Madrid 15. – **Switzerland** - Librairie Payot S.A. - Rue de Bourg 1, Lausanne. – **U.S.A.** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **U.S.S.R.** - Mezhdunarodnaja Kniga - Kusnetskij Most 18, Moscow G-200.

SCIENTIA - VIA GUASTALLA, 9 - 20122 MILANO - TELEFONO 780.669

vol. 27

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Annus LXXII - IX-X-XI-XII 1978 Vol. 113-II

International Review of Scientific Synthesis

Direzione Scientifica - Scientific Editorial Board

PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

IST. FISICA MATEMATICA
INVENTARIO N. 22325

UNIVERSITA' DI BOLOGNA
24 MAG. 1979
BIBLIOTECA MATEMATICA

Editor N. BONETTI

SCIENTIA

Fondata nel 1907

Editor NORA BONETTI

SCIENTIA

Annus LXXII
Volume N. 113
IX - X - XI - XII - 1978

Direzione Scientifica
Scientific Editorial Board
PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

Scienza e senso comune

GABRIELE LOLLI

I rapporti tra scienza e senso comune sono stati discussi quasi sempre nella tradizione filosofica in termini tali da trasformare il problema in una disputa sul valore della conoscenza scientifica. Se ci si libera da tali preoccupazioni ideologiche, si possono individuare invece molti problemi che hanno la loro radice nella coesistenza sociale di linguaggi di livello e contenuto scientifico diversi. Se ne indicano alcuni, dalla metodologia alla politica della scienza; un elemento unificante, intorno a cui ruotano gli altri, è costituito dal problema scuola: quale e quanta scienza si insegna, chi insegna, a chi e con quali obiettivi.

pagina 729

Sulla struttura delle teorie statistiche in fisica

JU. V. SAČKOV

La ricerca scientifica implica non solo lo sviluppo di nuovi sistemi di conoscenza ma, anche, delle modificazioni notevoli nella nostra comprensione di cosa siano la teoria scientifica, la sua natura e le sue forme di espressione. Il seguente lavoro presenta un tentativo di valutare le modificazioni verificatesi nella struttura della teoria fisica nel corso dell'emergenza e dell'evoluzione delle teorie statistiche. Per una comprensione dell'essenza e delle possibilità di tali modificazioni sono fondamentali le nozioni concernenti i diversi livelli nella struttura e nella determinazione dei sistemi materiali, ivi comprese le idee di indipendenza e di indeterminazione. Corrispondentemente, si considera che lo scopo principale della fisica statistica classica sia la rivelazione delle modalità di corrispondenza tra i microparametri e i macroparametri di una classe definita di sistemi. I due livelli della struttura interna appaiono come caratteristica della teoria quantistica come teoria fisica dei processi atomici. In tal modo diventa possibile, sulla base della teoria statistica, la presa in considerazione delle dialettiche interne dei processi fisici, e cioè lo sviluppo della sintesi del continuo e del discreto, della causalità forte e dell'indipendenza, dell'elementarità e della totalità.

pagina 739

Rivista SCIENTIA Editrice
Sede Legale, 20122 Milano
Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del
Tribunale di Milano col N. 338
Nora Bonetti - Direttore Responsabile
Printed in Italy
Arti Grafiche SO.PO.AL.

Planetary Science: From Underground to Underdog

STEPHEN G. BRUSH

During the first half of the 20th century, planetary science was considered a much less prestigious or fundamental subject than pure science (e.g. atomic physics, cosmology). Historians of science, influenced by the attitudes of scientists, have therefore underestimated the role of planetary science in earlier centuries. Several examples are presented to show that problems in planetary physics were important in the development of physical science before 1900, but that as a result of debates about the age and internal structure of the earth, geologists conceded that evidence from their own research carried little weight if it conflicted with arguments from physics. Lord Kelvin, who advocated a relatively short age and complete solidity for the earth, damaged the self-confidence and vigour of planetary science despite the fact that his own conclusions were later refuted or seriously modified. The revival of planetary science in recent decades has not yet restored it to a position of equality with pure science.

pagina 771

Pourquoi étudie-t-on l'origine de la vie?

FUJIO EGAMI

L'étude de l'origine de la vie a trois significations:

1) Une signification philosophique: l'élucidation de l'origine de la vie a toujours été un désir fondamental de l'être humain. Ce problème concerne la conception de la vie de chacun de nous.

2) Une signification académique: la découverte de l'origine de la vie et de l'origine des caractères communs aux organismes existants élévera la biologie au rang de science universelle, exactement comme la physique et la chimie. De quelle façon fut-il établi que le caractères communs des organismes existants — comme, par exemple, la structure cellulaire, l'ADN qui transmet l'information génétique, les vingt acides aminés des protéines, etc. — étaient le résultat d'une évolution, une évolution de l'univers, de la terre, et une évolution chimique de la terre? Des études élucideront ce problème et éléveront la biologie terrestre au niveau de biologie universelle, qui finalement devinera la nature des organismes extraterrestres, s'ils existent effectivement.

3) Une signification pragmatique: les merveilleuses facultés de synthèse chimique des bactéries primitives, sont le résultat d'une évolution chimique et biologique première. L'évolution chimique qui a donné cours à la vie, n'est autre que l'établissement et l'évolution des systèmes polymoléculaires et multicatalytiques. L'étude de l'évolution chimique nous démontrera comment la merveilleuse faculté chimique des organismes primitifs fut établie et nous suggérera les moyens pour arriver à une nouvelle science chimique et à une nouvelle industrie chimique qui soient en harmonie avec la nature, la vie et le bien-être de l'humanité.

pagina 805

Biology and the Problem of Normality

IJŘÍ VÁCHA

The term normal has two main spheres of meaning in biological literature, a statistical one, in the sense of the highest frequency, and a value one in the sense of correct function. In every-day ('naïve') usage the two meanings are semisubconsciously combined and supplemented by an image of the predominant existence of the average individual. The naïve conception of normality has penetrated even into traditional medicine. Even today the current conception of the 'normal interval' most often arises from the delusion of a necessary relationship between extremeness and pathology and from the alternative model of health and disease. Modern variational research has, however, totally rejected the possibility of the existence of an average organism, revealed the continuous transition between health and disease, confirmed the possibility of the functionability of extreme features within the framework of the individual systemic structure, and loosened the relationship between statistical and functional normality. The popular conception of normality, based on a naïve application of the Platonic Idea to all individual characters and functions of an organism, is already untenable (though this does not close the philosophical problem of the model idea in biology, to which the intuitive interpretation of normality in any event relates). The question of normality is a philosophical one in yet another sense: the ultimate factor decisive of biological value (health, fitness, adaptability) cannot be statistics, but only an evaluation based on an understanding of basic life values and goals. A certain *a priori* and normative moment in biology is represented by the mathematical principles of the

systemic design of an organism, though of course on condition that the hierarchy of values has already been fixed. (The hypothesis of the invariance of systemic relationships in an organism here offers the possibility of harmonizing statistical and individual criteria of health). Even if we were to presume agreement between the latest philosophical standpoints, it follows from the modern biological view that the very same basic functions, goals and norms can be realized by individually differing means. In biological and medical practice it would be better to avoid the use of the ambiguous term 'normal' altogether and to substitute unequivocal special expressions according to the circumstances.

pagina 823

Science and Nationalism

GEORGE MAGYAR

Nationalism is one of the most influential ideologies of our time. There are claims that science can take on a national character; however, this is not found in some quantitative comparison of British and French physics. The objective substance of natural science is above such influence. The most nationalism can do is to modify the form (language, citation habits, institutional framework, etc.) of science. Of this, many examples are given.

pagina 867

Democrazia italiana e democrazia europea

MASSIMO PANEBIANCO

La dialettica Stato-Comunità europea è una delle più ricche per l'analisi politico-giuridica. Il dibattito sull'integrazione comunitaria dell'Italia, e dei particolari rapporti fra democrazia italiana e democrazia europea, ha già provocato un dibattito molto ampio. Dibattito che resta apertissimo per la stessa ampiezza e gradualità del processo internazionale e costituzionale ancora in corso.
Lo studio riprende i momenti di tale dibattito a partire dall'epoca della Costituente. Segnala il contributo delle varie tendenze ideologiche (europeismo democratico-liberale, democratico-cristiano, radical-federalista, marxista). Esamina, infine, i caratteri istituzionali di una 'sovranità nazionale' in trasformazione, attraverso i vari momenti della partecipazione esterna ed interna degli organi costituzionali, che si proiettano nella vita comunitaria europea.

pagina 899

Educazione e scienza in Cina nel clima della restaurazione

SAVERIO AVVEDUTO

Nei capitoli che formano questo articolo ci si pone il quesito di individuare la fisionomia della Cina. La Cina è oggi indubbiamente preda, come lo fu il mondo occidentale degli anni '60, del mito dello sviluppo. Resta da stabilire se essa si trovi uno o più cicli avanti o indietro rispetto all'America, all'Europa, al Terzo Mondo, o se invece non orbita autonomamente.

pagina 935

Niels Bohr: gli atomi e la conoscenza

SANDRO PETRUCCIOLI

pagina 1041

Ristrutturazione delle scienze sociali?

CRISTINA BICCHIERI

pagina 1063

Cronache Reports

I seminari sulla evoluzione biologica dell'Accademia dei Lincei

GIUSEPPE MONTALENTI

pagina 963

Alessandro Volta
Annus CL

I materiali per usi elettrotecnici
ed elettronici
PIERO REGOLIOSI
pagina 967

Scuola, professionalità e scienza
GIANFRANCO MIGLIO
pagina 1017

Gli 80 anni della
Società Italiana di Fisica
CARLO CASTAGNOLI
pagina 1025

Recensioni
Book Reviews

Pubblicate nel Supplemento ••• 1978
Published in the Supplement ••• 1978
pagine 1-192

Scienza e senso comune

GABRIELE LOLLI
Università di Genova

Il rapporto tra scienza e senso comune è uno di quei temi su cui con maggiore regolarità e insistenza torna la riflessione filosofica da quando la scienza si è costituita come attività socialmente riconoscibile. Diciamo scienza in senso lato, intendendo con questo la codificazione di regole per il raggiungimento di una conoscenza certa, in qualche modo garantita dalle procedure che la generano, o quanto meno distinta da quella ottenibile senza ricorso a procedimenti esplicitamente determinati. In questa definizione tuttavia è già implicito il problema di un confronto tra varie forme di conoscenza, loro validità, integrazione o opposizione reciproca; è implicito anche l'invito a una caratterizzazione, eventualmente più precisa, del concetto stesso di scienza dal punto di vista del tipo di conoscenza che essa garantisce. In questi termini il tema 'scienza e senso comune' è sempre stato una sorta di esercizio obbligatorio nel confronto delle scuole filosofiche, da Platone in poi. È il caso di chiedersi se oltre a essere sempre stato un problema della filosofia, è stato anche o può essere oggi un problema significativo della scienza. La tesi di questo intervento è che la risposta è positiva, se ci si libera dal condizionamento dell'impostazione tradizionale del problema.

A questa impostazione non si sottrae A. Gargani nell'articolo apparso sul numero precedente della rivista; il suo articolo merita di essere commentato in via preliminare, perché è un tipico esempio di come il problema possa essere ridotto a puro espediente retorico per sostenere una tesi di teoria della conoscenza, usato soltanto come un altro modo per arrivare a una conclusione predeterminata. Infatti lo scopo di Gargani, come si capisce dalla conclusione, è quello di ribadire la tesi dell'impossibilità di riconoscere forme di conoscenza garantite, di ammettere i soggetti che mandano (o ricevono?) « raggi di conoscenza sulla natura ». Gargani sottolinea il carattere di regole di linguaggio di tutte le nostre certezze e gli argomenti che usa sono quelli dell'ultimo Wittgenstein contro Moore. Questi argomenti hanno tutta la forza testarda del loro ispiratore, perché è vero che le regole linguistiche sono tutto quanto (e almeno quello che) possiamo riconoscere e controllare, e a ogni tentativo di andare oltre si può rispondere, volendo, indicando le nuove regole di un linguaggio ampliato. Ma per farli propri nel contesto del tema, e riferirli in qualche

modo alla scienza e al senso comune, bisognerebbe che questo fosse definito appunto alla Moore, in modo da opporsi alla scienza come un preteso corpo di conoscenze assolute, indipendenti dal linguaggio. Invece nell'articolo stesso di Gargani il senso comune è qualcosa di più complesso. Nella prima parte il senso comune è scienza degradata, residui di teorie sorpassate; l'esempio è quello della rotazione del sole intorno alla terra. Nell'ultima parte è quello di Moore, una serie di professioni di fede ontologica elementari, come la convinzione che la terra esistesse prima della nostra nascita. Nello svolgimento dell'articolo il senso comune è ancora altre cose, secondo Locke, Hegel e Mach, e gli argomenti contro Moore non possono essere immediatamente riferiti anche a queste nozioni, originate da polemiche diverse. Gargani probabilmente vuole suggerire che comunque si definisca il senso comune in opposizione alla scienza, la conclusione che gli sta a cuore resta valida; invece riferita alle diverse accezioni di senso comune, la conclusione stessa cambia senso. Mentre dà l'impressione di ripetere in forme sempre più pregnanti la stessa conclusione, Gargani alterna invece indicazioni che non hanno tutte lo stesso significato. Da una parte il senso comune, con i suoi concetti statici e assoluti, è l'erede della « proiezione mitologica di uno stato di natura » e « le presunte evidenze del senso comune rappresentano uno stadio ingenuo e primitivo del lavoro filosofico »; dall'altra è « il risultato di una operazione strategica perseguita dal sapere », « una funzione delegata del pensiero scientifico-filosofico in corso... inserito entro un immane reticolo dove parti del sapere si strutturano con altre parti, con altri frammenti di scienza ».

Le due indicazioni non sarebbero contraddittorie solo se si dimostrasse che, e come, tra gli obiettivi della accennata operazione strategica perseguita dal sapere è incluso il mantenimento di elementi ingenui e primitivi del lavoro precedente, ma nessuna indicazione è data in tale senso. L'accenno alla operazione strategica ripropone poi, stranamente, un privilegiamento della scienza presente e dei suoi linguaggi su altri linguaggi subordinati. Privilegiamento e subordinazione che non hanno nessun fondamento nel comune carattere convenzionale di regole grammaticali. Tale carattere viene richiamato in un primo tempo per respingere la pretesa che nel senso comune ci sia una forma alternativa di conoscenza valida, ma viene sfumato in seguito per garantire la prevalenza del sapere scientifico-filosofico in corso. Questo sapere assomiglia tanto a quello di M. Foucault, che da una parte si disperde in un intrico di rivoli in cui non è individuabile un filo di razionalità, ma dall'altra misteriosamente in ognuna delle sue articolazioni più secondarie e trascurabili realizza un nascosto disegno unitario di potere.

Invece di immaginare fantomatiche operazioni strategiche, l'analisi dovrebbe iniziare proprio dove si interrompe, e mettere a frutto anche la lezione di Wittgenstein. Questa si riassume nel riconoscere la molteplicità dei linguaggi in cui si esprime il nostro sapere, e nel ricordare che tutti i linguaggi che usiamo ci sono stati in qualche modo insegnati. Il titolo

scienza e senso comune può essere allora un modo conciso di comprendere l'ampia problematica delle interazioni e dei condizionamenti reciproci di tali linguaggi. Vogliamo qui di seguito indicare soltanto alcuni esempi di problemi che possono cadere sotto questa etichetta, ma che attendono una analisi, non soluzioni prefabbricate. E vogliamo anche suggerire che la ricerca di un titolo comune non è cosa gratuita, ma rinvia a un significativo elemento unitario.

Nel senso comune confluiscono diversi elementi, tutti già segnalati nella storia del problema, di volta in volta singolarmente privilegiati a definizione stessa di senso comune. Limitandoci a quelli individuabili dalla breve rassegna di Gargani, possiamo riconoscere almeno:

a) professioni di fede ontologica;
b) conoscenze indifferenti alla scienza;
c) conoscenze scientifiche non elevate, ma corrette;
d) elementi di scienza degradata.

A proposito degli elementi di tipo *a*), una osservazione ingenua per introdurre il discorso è che alcuni di essi sono utili e altri no. Nessuno può sostenere che sia dannoso per gli scienziati parlare come se la terra fosse esistita prima di loro; diventa dannoso credere che la terra sia sempre esistita. La delimitazione precisa degli enunciati con una portata ontologica che sono incompatibili con il linguaggio scientifico è una operazione delicata che deve essere esaminata disciplina per disciplina. Un esempio significativo è fornito dalla matematica. È noto che quasi tutti i matematici nel loro lavoro si raffigurano come esistenti gli enti più astratti di cui parlano, li visualizzano in modo a volte assurdo, ne fanno schizzi allusivi. Se interrogati relativamente alla loro posizione sui fondamenti, la maggior parte degli stessi ripiega invece, salvo famose eccezioni, su dichiarazioni di tipo formalista, giustificando i procedimenti effettivamente seguiti solo come un aiuto alla immaginazione. È vero che spesso a queste dichiarazioni non bisogna dare molto peso, perché riflettono solo la comoda accettazione di posizioni orecchiate, che apparentemente eliminano i problemi, ma è anche vero che non ce la si può cavare tirando in ballo la psicologia. Il mondo dei matematici è realmente il mondo dell'incubo di un matematico di B. Russell, ma i suoi prodotti subiscono un continuo processo di traduzione tra il linguaggio della scoperta e quello della sistemazione logica; o almeno sono indifferenti rispetto a queste traduzioni, e possono essere formulati in un linguaggio con un esplicito impegno ontologico anche in presenza di una negazione cosciente dello stesso.

Ci sono esempi opposti, soprattutto per quelle discipline che non facendo uso di linguaggi formali hanno maggiori difficoltà a separare solo con definizioni esplicite il significato particolare che attribuiscono a termini che sono anche nel linguaggio ordinario. Alcune incertezze della teoria dell'evoluzione, prima che si ancorasse alla genetica, si possono far risalire a questioni di questo tipo. Nello stesso ambito cadono i problemi sollevati dalla attribuzione di nuovo significato, da parte di nuove teorie, a ter-

mini di teorie precedenti, anche se forse si potrebbero più precisamente catalogare sotto il punto *d*); si tratta tuttavia di problemi classici, ampiamente trattati nella filosofia della scienza. Piuttosto deve essere segnalato un quesito più generale: fino a che punto l'orientamento ontologico del linguaggio ordinario non impedisca l'accettazione della forma moderna, matematizzata, della spiegazione scientifica riproponendo sempre nuove (?!) versioni di fondazioni realistiche o di integrazioni razionali. Tipica a questo proposito è la posizione di F. Engels, che dopo aver accettato ed esaltato la nuova forma autonoma di spiegazione scientifica della scienza moderna, sente l'esigenza di riformularla, attraverso la dialettica, per ristabilirne il contatto diretto con la realtà. È vero che per il linguaggio ordinario valgono le stesse osservazioni che per il senso comune, relativamente alla complessità degli elementi che lo compongono, e che quindi questa sua eventuale propensione ontologica non deve essere assunta come qualcosa di assoluto. Ma proprio a proposito del linguaggio deve pur essere affrontata infine una riserva preliminare che nega in parte la lezione stessa di Wittgenstein: è possibile che una forma, o una struttura di linguaggio non ci sia affatto insegnata, almeno non attraverso momenti socialmente controllabili?

In parte abbiamo visto che gli elementi di tipo *a*) sfumano in elementi di tipo *d*). Ma esistono veramente elementi di tipo *d*) nel senso comune? Ne dubitiamo. È vero che sotto questo titolo noi individuiamo i problemi posti dal susseguirsi di teorie, dalla variazione di significato, e dalla scomparsa, di termini e dei relativi cnti; ma questi sono problemi di chi fa la scienza. Quanto sono presenti e attivi nella maggioranza anche soltanto delle persone colte? L'esempio classico della rotazione del sole intorno alla terra non è pertinente, perché non è un residuo di una teoria sorpassata. È il residuo di un insegnamento non scientifico nelle sue origini e nei suoi obiettivi. Qui finalmente arriviamo al nucleo intorno a cui girano tutti i problemi del senso comune, che è il problema dell'insegnamento e della diffusione del sapere. Non dimentichiamo che il rapido alternarsi di teorie scientifiche rivali è cosa recente: alcuni secoli sì, ma alcuni secoli in cui questo lavoro è stato patrimonio di pochi e in cui la sua progressiva diffusione è stata regolata da avvenimenti sociali non controllati dal sapere astratto. La diffusione della cultura e delle conoscenze è sempre stata un momento di controllo e di lotta sociale in cui il sapere in quanto tale non ha mai rappresentato una forza autonoma. Il flogisto ha fatto in tempo a essere in auge e a scomparire senza che i responsabili dell'insegnamento sentissero la necessità di trasmetterlo attraverso la scuola. E gli esempi si possono moltiplicare. La rotazione del sole si è radicata nel senso comune perché è passata attraverso canali privilegiati, diciamo pure impropriamente una forma di insegnamento non razionale particolarmente efficace. Con lo sviluppo della scienza moderna si sviluppa anche in forme nuove una istituzione collegata, quella della scuola. Si allarga sempre più l'ambito dei destinatari, e si allarga man mano il contenuto di scienza trasmesso. Ma il processo, nei tempi e nei contenuti, è scandito dalle

trasformazioni sociali che lo sostengono; gli elementi di scienza che sono passati, e passano, attraverso la scuola risentono di questo ruolo subordinato della istituzione. Una storia della istituzione scolastica nel mondo occidentale moderno è ancora da venire, e da essa ci aspettiamo indicazioni non trascurabili anche di tipo teorico. È evidente infatti che le conoscenze scientifiche, di tipo *c*), passate nel senso comune attraverso la scuola hanno un carattere elementare, rispetto alla ricerca più avanzata, ma stabile; rappresentano cioè un patrimonio di conoscenze che probabilmente ogni teoria futura vorrà salvare, come una volta si chiedeva alla scienza di salvare i fenomeni. Un esito di questo tipo (anche se non definitivo, nel senso che il contenuto di scienza insegnato nella scuola potrà, si spera, aumentare) per non avere un carattere miracoloso dovrà forse essere spiegato indagando la sua dipendenza dalle esigenze produttive e di preparazione professionale dei destinatari. Si prospetta un ricco campo di indagine per gli storici della scienza che non vogliano perdersi in diatribe sterili sull'internalismo e sull'esternalismo. Non solo la scuola deve essere oggetto di questa indagine, ma tutte le forme anche secondarie di trasmissione del sapere, come le iniziative editoriali, i manuali Hoepli in Italia ad esempio. E poi oggi i nuovi mezzi di comunicazione; è indubbio che per l'accettazione della teoria copernicana (anche presso chi non sa cosa è la teoria copernicana) ha fatto di più la possibilità di vedere sugli schermi televisivi un uomo calpestare la luna che non tutti i tentativi di spiegazione razionale.

L'emergere della scuola come canale privilegiato di trasmissione del sapere oscura oggi fenomeni che in altri tempi sono stati importanti per il radicamento di elementi del tipo *c*) nel senso comune, ad esempio fenomeni di scoperta autonoma, dal basso, di frammenti di scienza. Non c'è bisogno di ricordare il decisivo contributo degli incolti alla rivoluzione industriale, largamente riconosciuto e documentato. Piuttosto viene spontanea una osservazione relativa agli orientamenti recenti della storiografia interessata allo studio della cultura delle classi subalterne, che non si è potuta esprimere nella forma della cultura delle classi dominanti per mancanza di strumenti di espressione adeguati. Un suggerimento che può essere utile è quello di non concentrarsi sulle cose dette, in un linguaggio inevitabilmente preso a prestito, ma sulle cose fatte, sui mezzi produttivi e sugli strumenti scientifici inventati sul lavoro senza la direzione della scienza ufficiale.

Per quegli uomini il cui sapere non risente ancora dell'insegnamento scolastico infine, elementi di tipo *b*) possono ancora essere prevalenti. Si pensi alle conoscenze che i contadini ereditavano dai loro vecchi e che costituivano un sistema completo di sapere pratico. Queste conoscenze sono indifferenti alla scienza, ma lo sono finché non è la scienza ad interferire con loro. Allora l'interferenza rischia di avvenire soltanto sulla base di influenze economiche brutali, non mediate da alcun linguaggio comune, senza possibilità di preparazione adeguata. Si pensi alla tragedia che ha rappresentato l'imposizione dei fertilizzanti chimici nel-

l'ambiente dei nostri piccoli coltivatori, incerti tra il rifiuto e l'esagerato sfruttamento, sollecitato da aspettative miracolistiche, e alla conseguente distruzione di un vasto patrimonio agricolo, per non parlare degli incidenti individuali dovuti a un uso irresponsabile. L'irresponsabilità è anche di altri, ma quello che vogliamo dire è che anche quegli elementi apparentemente idillici che sono per fortuna presenti nel senso comune pongono problemi non trascurabili alla scienza, o almeno a quella che viene chiamata la politica della scienza. E il problema, ricorrente in tutti i temi che abbiamo velocemente e superficialmente menzionato, riporta sempre allo stesso punto, quello della scuola e dell'insegnamento della scienza.

Ogni qual volta questa interferisce con forme di conoscenza o comportamenti che non hanno origine in essa, ma che rimangono radicati nell'atteggiamento comune, la soluzione del conflitto rinvia ai modi e alle forme in cui è possibile realizzare una più ampia diffusione, comprensione e accettazione delle conclusioni fondate e del metodo della scienza.

G. L.

Science and Common Sense

GABRIELE LOLLI
Università di Genova

Ever since science has been considered a socially recognizable activity, the theme of the relationship between science and common sense has recurred regularly in philosophical thought. We are using the term science in the broad sense, meaning a codification of rules in order to achieve a definite knowledge that can be guaranteed by the procedures that generate it, and distinct from knowledge that can be obtained without recourse to explicity determined procedures. Implicit in this definition is the problem of a comparison between various forms of knowledge, their reciprocal validity, integration or opposition. Also implicit in the definition is an invitation to characterize more precisely the very concept of science from the standpoint of the kind of knowledge that it guarantees. In these terms, the theme of science and common sense has always been a kind of compulsory exercise for philosophical schools from Plato on. It is worth asking whether, in addition to having always been a philosophical problem, it was also or might be a significant problem for science. The thesis of my remarks is that the answer is affirmative if we free ourselves from the conditioning brought about by the traditional approach to the problem.

In his article published in a previous issue, A. Gargani was not free from this traditional approach. It is worth commenting on his article, in the first place, because it is a typical example of how the problem can be reduced to a pure rhetorical device for supporting a thesis on the theory of knowledge, and simply used as another way of reaching a predetermined conclusion. In fact, as one realizes from his conclusion, Gargani's goal was to support the thesis of the impossibility of recognizing forms of guaranteed knowledge, of admitting subjects that send (or receive?) « rays of knowledge on nature ». Gargani stresses that all our certainties are related to rules of language and the arguments he uses are those of the late Wittgenstein versus Moore. These arguments have all the insistent force of their author since it is true that linguistic rules are all (or at least what) we can recognize and control; to each attempt to go beyond them, if one wants one can reply by indicating the new rules of an expanded language. But in order to put these arguments in the context of the theme and somehow relate them to science and common sense, then common sense must be defined *à la* Moore, so that common sense is opposed to science as a supposed body of absolute knowledge independent of language. Instead, in Gargani's article, common sense is more complex. In the first part, common sense is a degraded science, the remains of abandoned theories; the example used is that of the rotation of the sun around the earth. In the last part we have Moore's view of common sense as a series of elementary professions of ontological faith, such as the conviction that the earth existed before our birth. In the development of the article, common sense is also other things, following the ideas of Locke, Hegel and Mach and the arguments against Moore cannot be directly related to these notions which originated from different polemics. Probably Gargani is suggesting that no matter how one defines common sense as opposed to science, the conclusion he cherishes remains valid. But if the conclusion is related to different accepted meanings of common sense, the

conclusion itself changes meaning. While he gives the impression of repeating the same conclusion in increasingly weighty forms, Gargani is actually interchanging information that does not have the same meaning. On one hand, common sense, with its static and absolute concepts, is the heir to the « mythological projection of a state of nature » and « the supposed evidence of common sense represents a naive and primitive stage of philosophical work ». On the other hand, it is « the result of a strategic operation carried out by ... knowledge », « a function delegated by scientific-philosophical thought in progress ... inserted within the enormous network where parts of knowledge are structured with other parts, with other fragments of science ». The two views would not be contradictory if it were also shown how, among the goals of the above-mentioned strategic operation carried out by knowledge, one could also include the maintenance of naive and primitive elements of previous work. But no indication in this regard is given. The mention of the strategic operation again strangely suggests a position of priority for present day science and its languages over other subordinate languages. This priority and subordination have no foundation in the ordinary conventional character of grammatical rules. This characteristic was brought out earlier in order to reject the pretence that in common sense there is an alternative form of valid knowledge, but it vanishes later in order to assure the prevalence of scientific-philosophical knowledge in progress. This knowledge greatly resembles that of M. Foucault, which on one hand becomes lost in a network of streams where a line of rationality cannot be distinguished, while on the other hand, in each of its more secondary and insignificant statements is mysteriously realizing a hidden unifying design of power.

Instead of seeking imaginary strategic operations, analysis should begin exactly where it breaks off, and should also reap the fruits of Wittgenstein's lesson. We can summarize the lesson by recognizing the multiplicity of languages that we use and that have been tought to us. The title, *science and common sense*, thus can be a concise way of summarizing the broad problems of the reciprocal interactions and conditioning of such languages. Here I only wish to indicate some examples of problems that can fall in this category but that need analysis and not prefabricated solutions. I would also like to suggest that seeking a common title is not gratuitous but it refers to a significant unifying element. Various elements converge in common sense. They have all been pointed out in the history of the problem and occasionally have had priority by the very definition of common sense. Limiting ourselves to those that can be distinguished in Gargani's brief essay, we can at least recognize:

a) professions of ontological faith;
b) knowledge that is unimportant to science;
c) scientific knowledge that is not elevated but is correct;
d) elements of degraded science.

Regarding the elements of type *a*), a naive observation for introducing the discussion is that some of them are useful and others not. No one can maintain that it is harmful for scientists to speak as if the earth had existed before them. But it becomes harmful to believe that the earth has always existed. The precise delineation of statements of an ontological scope that are incompatible with scientific language is a delicate operation that should be examined according to each discipline. The field of mathematics provides a significant example. It is known that in their work, nearly all mathematicians consider the most abstract entities that they discuss as extant. They visualize them in an almost absurd way and make even allusive sketches of them. If they are questioned on their foundations, the majority of mathematicians fall back on formalistic declarations (except for a few famous exceptions) and justify their procedure simply as an aid to the imagination. It is true that often one should not give much weight to these declarations since they only reflect a convenient acceptance of superficial positions that appear to eliminate the problems. But it is

also true that one cannot escape by bringing psychology into play. The world of mathematicians is really B. Russell's nightmare of a mathematician's world but its products undergo a continuous process of translation between the language of discovery and that of logical systematization; or the products are at least unimportant with regard to these translations and they can be formulated into a language with an explicit ontological commitment even in the presence of a conscious negation of it. There are opposite examples, especially for the disciplines that do not use formal languages and thus, with only explicit definitions, have greater difficulty in separating the particular meaning that they attribute to terms that also exist in ordinary language. Some of the uncertainties in the theory of evolution, before it was linked to genetics, can be traced back to questions of this sort. In a similar category are the problems raised by attributing new meanings (from new theories) to terms from previous theories, even if perhaps they could be more precisely catalogued under *d*). In any case, we are discussing classical problems that are broadly treated in the philosophy of science. However, one should point out a more general question. At what point does ontological orientation of ordinary language prevent the acceptance of the modern, mathematicized form of the scientific explanation, proposing new (?) versions of realistic foundations or rational integrations. Typical of this question is the position of F. Engels who, after having accepted and praised the new autonomous form of scientific explanations of modern science, felt the need to reformulate it through dialectics in order to reestablish direct contact with reality. It is true that for ordinary language the same observations hold as for common sense, relative to the complexity of the elements that make it up, and therefore a potential ontological propensity must not be assumed to be something absolute. But, with regard to language, one must face a preliminary reservation that in part denies the lesson of Wittgenstein: is it possible that a form or a structure of language is not taught us, at least not even in socially controllable periods?

In part we have seen that the *a*) type elements blend in with those of the *d*) kind. Do the *d*) kind of elements exist in common sense? I doubt it. It is true that under this label we do not distinguish between problems posed by a succession of theories, by variations in meaning and by the disappearance of terms and the relative entities. But these are problems created by science. How present and active are they among the majority of even just educated people? The classic example of the rotation of the sun around the earth is not pertinent because it is not the residue of a theory that has been surpassed. It is the remains of non-scientific teaching in its origins and in its goals. Here we finally reach the nucleus around which all the problems of common sense revolve. It is the problem of the teaching and the dispersal of knowledge. Let us not forget that the rapid alternation of rival scientific theories is a recent phenomenon. True, it has been occurring for a few centuries, but these were centuries in which this work was the legacy of a small number of people, and its progressive dispersal was regulated by social events that were not controlled by abstract knowledge. The spread of culture and knowledge has always been a point of control and social struggle in which knowledge as such seldom represented an autonomous force. Phlogiston arrived in time to enjoy great favor and to disappear before those who were responsible for education felt a need to transmit it through schools. There are many more examples. The rotation of the sun became rooted in common sense because it passed through priority channels, which we might improperly call a particularly efficacious form of non-rational teaching. With the growth of modern science, there developed an associated institution with new forms, that is schools. The range of the student expands and gradually the substance of the science transmitted is also enlarged. Yet the process, in both time and content, is articulated by the social transformations that sustain it. The elements of science that

have passed and do pass through education show traces of this subordinate role of the scholastic institution. We still await a history of scholastic institutions in the modern Western world, and from it we would also expect to find significant theoretical indicators. In fact, it is evident that scientific knowledge of the *c*) kind, once it has become common sense through schools, has an elementary character compared with more advanced but stable research. Thus it represents a legacy of knowledge that probably every future theory will want to preserve, just as at one time one asked science to preserve phenomena. In order not to appear miraculous, an outcome of this kind (even if it is not definitive, in that the content of science taught in schools will, we hope, be able to be augmented) must perhaps be explained by investigating its dependence on the productive needs and the professional preparation of the students. We are prospecting in a rich field of investigation for historians of science who should not become lost in sterile diatribes on internalism and externalism. Not only should school be the object of this investigation, but so should other, secondary forms of transmission of knowledge, for example publishing enterprises such as « teach-yourself » manuals in England. Furthermore, today one must consider the new means of communication. There is no doubt that the possibility of seeing a man stand on the moon, on our television screens, did more for the acceptance of the Copernican theory (even for those who do not know what the Copernican theory is) than all efforts at rational explanations. The emergence of schools as the priority channel for the transmission of knowledge today obscures phenomena that in other times were important for the establishment of the *c*) type of elements in common sense, such as phenomena of independent discovery of fragments of science outside the institutions. We need not recall the decisive contribution of uncultured people to the industrial revolution as this is widely recognized and documented. Rather, one is led to the spontaneous observation of the recent orientation of historiography concerned with the study of the lower classes. This culture could not express itself in the form of the culture of the dominant classes for lack of adequate means of expression. One useful suggestion might be to not concentrate on what is said in an inevitably borrowed language but to concentrate on deeds, on the productive means and on the scientific tools invented from the work without direction from official science.

Finally, for those men whose knowledge does not depend on learning at school, the *b*) type elements may still prevail. Consider the knowledge that the peasant inherited from his elders which constituted a complete system of practical knowledge. This knowledge is unimportant to science until science interferes with it. The interference may only occur on the basis of brutal economic influence, not mediated by any common language, without the possibility of adequate preparation. Consider the tragedy of the imposition of chemical fertilizers for our small farmers torn between refusal and excess exploitation brought about by the expectation of miracles, and the subsequent destruction of a vast agricultural legacy, not to mention the individual troubles caused by irresponsible use. Others are also irresponsible but what I mean is that even those apparently idyllic elements, that fortunately do exist in common sense, pose significant problems for science, or at least for what is called the politics of science. This problem, that recurs in all the themes that we have quickly and superficially mentioned, always returns to the same point, the question of education and of the teaching of science.

Each time science interferes with forms of knowledge or behaviour that do not originate in science, but that remain rooted in common attitudes, the solution of the conflict must go back to the ways and forms in which it is possible to achieve greater diffusion, understanding and acceptance of conclusions based on the methods of science.

G. L.

Translation: F. Segrè Walsby - Gwynedd (Wales)

Sulla struttura delle teorie statistiche in fisica

JU. V. SAČKOV
Accademia delle Scienze dell'URSS, Mosca

I TEORIA FISICA E SUA EVOLUZIONE

Allo stato attuale delle ricerche logico-metodologiche, lo sviluppo della fisica si presenta come processo di sostituzione di una teoria all'altra, come elaborazione di sempre nuovi sistemi teoretici delle conoscenze, in conseguenza dell'incessante dilatarsi del campo delle ricerche e dell'individuazione di oggetti fisici (materiali) e sistemi sempre nuovi. Parallelamente a ciò, c'è poi il fatto che, con lo sviluppo della fisica, si modificano anche le rappresentazioni su quella che è la teoria fisica: una delle più importanti lezioni teorico-conoscitive, impartitaci dallo sviluppo della fisica contemporanea, consiste nel fatto che se sono state create nuove teorie fisiche di ordine fondamentale, allo stesso tempo si sono modificate sostanzialmente anche le nostre rappresentazioni sulla teoria fisica stessa, sulla sua natura, struttura e forme di descrizione. Tale fenomeno non è stato recepito subito sotto l'aspetto filosofico, bensì è andato evidenziandosi in sede di dibattito sulla completezza delle nuove teorie. All'inizio, i sistemi teorici sostanzialmente nuovi della fisica, — e in primo luogo, la meccanica statistica classica, la teoria della relatività e la meccanica quantistica — vennero guardati come incompleti, cioè alquanto imperfetti e deficienti dal punto di vista logico. Il dibattito circa la completezza delle teorie fisiche ha portato, inoltre, a riconoscere che queste possono differire le une dalle altre in maniera molto netta per la loro struttura logica intrinseca.

Una conoscenza nuova esige forme nuove di espressione. La consapevolezza di questa affermazione ci rende più sicuri e forti nei nostri tentativi di inquadrare, da un punto di vista filosofico, lo stato attuale dell'evoluzione della conoscenza. L'analisi delle forme più adatte a descrivere le conoscenze appare uno dei problemi metodologici più importanti della scienza contemporanea. In passato, quando si studiavano le forme principali in grado di descrivere le conoscenze, tutta l'attenzione era rivolta ad analizzare la natura dei concetti e delle leggi della scienza. Ora, invece, tra le ricerche metodologiche hanno acquisito maggior rilievo quelle sulle teorie scientifiche in quanto determinati sistemi concettuali sufficientemente integrali.

Occorre rilevare che la conoscenza in genere è sistematica. Qualsiasi conoscenza, sufficientemente completa, di un processo materiale è sempre un

sistema concettuale. Tuttavia, c'è sistema e sistema. Una teoria scientificamente fondata sviluppa anche proprie perfette forme espressive. In questo senso occorre anche riconoscere che non è stata ancora elaborata una concezione unitaria, sufficientemente strutturata, di questa importantissima categoria della scienza.

Sovente per teoria scientifica si intende tutto l'insieme delle conoscenze teoriche possedute circa i processi studiati, anche se possono mancare legami logici interni tra i singoli componenti di tali conoscenze. I segni distintivi più importanti che caratterizzano una teoria autenticamente scientifica, scientifica nel senso più profondo del termine, sono una relativa completezza logica, l'essere chiusa e la non-contraddittorietà. L'individuazione dell'essenza di queste caratteristiche teorie scientifiche è direttamente condizionata alla valutazione del ruolo e del significato delle condizioni iniziali e finali su cui si impernia la ricerca teoretica. Se in una ricerca teoretica (condotta sulla base di una data teoria scientifica) la determinazione delle condizioni iniziali e finali consente, almeno in via di principio, di risolvere completamente le corrispondenti classi di problemi senza ulteriore riferimento alla esperienza, in sede di soluzione dei problemi stessi, e senza alcuna modifica del sistema concettuale, in tal caso si tratterà di una teoria scientifica relativamente chiusa e completa.

Completezza relativa di una teoria significa che all'interno di essa tutte le affermazioni fondamentali concernenti gli oggetti della ricerca sono reciprocamente collegate, che all'interno di essa mancano affermazioni del tutto indipendenti l'una dall'altra circa le proprietà e le leggi che regolano gli oggetti della ricerca. Non-contraddittorietà di una teoria significa che all'interno della stessa non si possono trarre deduzioni che si escludano a vicenda.

Se una teoria scientifica è il risultato più alto della scienza, un metodo scientificamente valido è teoria in atto, applicazione pratica della teoria. L'applicazione di teorie già formulate genera la 'nascita' di nuove teorie. Un esempio classico è dato dalle applicazioni della meccanica classica. L'applicazione dei principi della meccanica all'analisi degli ambienti continui ha portato all'elaborazione di nuove forme teoriche, sulla base delle quali è stata ristudiata l'elettrodinamica classica. E ancora, grazie alle applicazioni della meccanica classica ad ambienti discreti (sistemi composti da un numero grandissimo di singole particelle), attraverso la modificazione dei metodi è stata creata la fisica statistica classica.

Di pari passo con lo studio di teorie scientifiche nuove si modificano anche le nostre rappresentazioni sulla teoria scientifica in sé. Si elaborano rappresentazioni su nuovi aspetti, tipi e classi di teorie. Per quanto concerne l'analisi delle caratteristiche dello sviluppo delle nostre rappresentazioni sulle teorie fisiche, il fatto di gran lunga più significativo è che tutte le teorie valide esistenti, che per la loro struttura logica intrinseca appaiono relativamente complete, si dividono in due classi: teorie schiettamente deterministiche e teorie statistiche. Per spiegare la differenza tra queste due classi di teorie non ci si può limitare a rilevare la differenza che inter-

corre tra le proprietà dei relativi processi materiali, perché essa ha, invece, una profonda natura logica. La fisica contemporanea si differenzia da quella classica non solo, e non tanto, per il fatto che essa si pone nuovi oggetti di indagine, bensì, prima di tutto, per la sua capacità di penetrare in profondità nella sostanza di tali oggetti, in secondo luogo, per la sua capacità di trasformare profondamente le basi logico-strutturali della conoscenza fisica e, infine, per il suo approccio (metodo) teorico-analitico ai fenomeni fisici.

L'elaborazione di teorie rigidamente deterministiche ha caratterizzato il periodo classico dello sviluppo scientifico, i secoli XVIII e XIX. E non solo nel campo della fisica: una cosa analoga si verificava in tutti i settori della conoscenza, sebbene in questi ultimi, a differenza di ciò che avveniva per la fisica, i sistemi teorici fossero meno sviluppati, avessero per lo più un carattere puramente descrittivo e si avvalessero poco dei metodi matematici.

La letteratura filosofico-metodologica si è occupata molto di tale classe di teorie fondamentali. Vogliamo soltanto sottolineare la limitatezza di queste teorie a cui si è sempre dedicata una attenzione particolare lungo tutto l'arco dello sviluppo della scienza.

Nelle teorie rigidamente deterministiche tutti i concetti, tutti i legami, tutte le relazioni sono considerati appartenenti ad uno stesso livello logico, sono tutti equivalenti e necessari. La casualità non poteva essere una caratteristica della struttura intrinseca e dei principi della teoria. Di conseguenza, le rappresentazioni sulle teorie rigidamente deterministiche si sono rivelate assai limitate e inconsistenti, in relazione alle ricerche sul problema dell'autonomia (attività interna e libera volontà, loro fondamenti e significato) e sul problema della molteplicità di livelli nella struttura intrinseca dei sistemi complessi. L'autonomia (che implica il concetto di indipendenza e di indeterminazione) e i livelli (che si esprimono attraverso concetti di differente natura logica) sono idee caratteristiche di quelle correnti filosofiche che hanno sottoposto a revisione critica la tendenza ad assolutizzare il ruolo e la portata delle teorie di tipo classico. Una critica costruttiva delle teorie deterministiche è quella condotta sulla base delle teorie statistiche. Proprio con il formarsi e l'evolversi delle teorie statistiche si sono andati modificando, e in maniera radicale, i modelli della teoria fisica e, in primo luogo, della sua struttura. La fisica non ha mai visto, fino ad oggi, mutare in maniera altrettanto sostanziale le opinioni sulla teoria scientifica; ed è per questa ragione che emerge la necessità di dedicare in futuro la massima attenzione ad una analisi multilaterale di questa lezione metodologica.

II FORMAZIONE DEI MODELLI DELLA TEORIA STATISTICA: PROBABILITÀ E CASUALITÀ

La storia dei modelli delle teorie statistiche in fisica è incominciata con lo studio della teoria cinetico-molecolare dei gas. Queste ricerche erano

state viste inizialmente come ampliamento del campo delle applicazioni della meccanica classica, come applicazione della meccanica all'analisi di nuovi sistemi fisici. Il punto di partenza furono i modelli atomici. I modelli generali della struttura delle sostanze, soprattutto dei gas, erano stati elaborati molto tempo prima. Se ne può seguire l'evoluzione nei lavori di R. Boyle, I. Newton, D. Bernoulli, M. V. Lomonosov e di altri scienziati operanti nel periodo in cui si andavano formulando i principi della fisica classica. Tuttavia, la fortuna dei modelli statistici nella fisica, in quanto principi fisici 'agenti', è legata soprattutto ai nomi di P. Clausius, J. Maxwell, L. Boltzmann e di W. Gibbs.

Studiando la teoria cinetica dei gas, esaminando il gas come sistema composto da un numero grandissimo di particelle, Clausius di fatto comprese che non era possibile risolvere questo problema con i metodi diretti della meccanica e che occorreva modificare i metodi della ricerca. Lo dimostrano i modelli, da lui introdotti, delle 'medie' nella descrizione degli stati di moto delle molecole dei gas. In questo modo, si poteva passare dalla meccanica dei sistemi di particelle alla ricerca dello stato fisico di sistemi composti da un numero elevatissimo di molecole. Secondo Maxwell, il merito maggiore di Clausius consiste « nel fatto che egli dischiuse un nuovo campo di studio, quello della fisica matematica, avendo dimostrato come si possano trattare matematicamente i sistemi in movimento composti da un infinito numero di molecole »[1]. Dal punto di vista metodologico la valutazione delle innovazioni di Clausius risulta di particolare importanza: si tratta solo di una degenerazione dei metodi della meccanica, oppure del concepimento di metodi sostanzialmente nuovi?

A quanto pare, Maxwell fu il primo a valutare appieno questa modificazione dei metodi che riteneva importante in via di principio e non semplicemente in funzione ausiliaria. Egli aveva già allora ampiamente compreso che la formulazione della teoria cinetico-molecolare dei gas segnava il passaggio dai metodi dinamici della meccanica a quelli teorico-probabilistici. Sviluppando le intuizioni innovatrici di Clausius, Maxwell passò dai modelli dei valori medi delle grandezze, rappresentanti il moto delle molecole nei macrosistemi, a modelli di distribuzione probabilistica dei valori di queste grandezze. Per descrivere le proprietà dei sistemi materiali e le leggi che li regolano, si cominciò ad utilizzare il principio della distribuzione probabilistica, principio che si trova al centro di numerose e svariate applicazioni della teoria delle probabilità. I lavori di Maxwell dettero il via ad un intenso sviluppo dei modelli della struttura interna delle sostanze.

La fisica statistica classica trovò una sua espressione formale relativamente completa e finita nei lavori di L. Boltzmann e di W. Gibbs. Nei suoi studi (il suo famoso teorema H), Boltzmann diede un'interpretazione statistica della legge fondamentale della termodinamica, il suo secondo principio. La meccanica statistica fornì una descrizione generalizzata in forme utili per le ricerche su sistemi di assai differente natura fisica.

La nascita della fisica statistica classica è stata accompagnata da una re-

visione dei suoi fondamenti e del suo significato. Si comprese ben presto che la scienza è costretta a valersi dei principi e dei metodi del calcolo delle probabilità in quanto è impossibile risolvere altrimenti una serie di problemi complessi: e cioè, la probabilità in fisica è la conseguenza della limitatezza delle nostre conoscenze. Tali affermazioni diventano plausibili se si pensa che, storicamente (geneticamente) parlando, la fisica statistica era studiata inizialmente come meccanica dei grandissimi numeri di particelle. Poiché in questi casi era impossibile risolvere direttamente tutte le relative equazioni della meccanica, si introducevano i modelli dei valori medi delle grandezze che rappresentano il moto delle particelle e si affermava anche che i metodi probabilistici rappresentano una degenerazione, una semplificazione e così via, nell'impostazione dei programmi di ricerca. Ma tali affermazioni avevano anche una solida motivazione filosofica.

Si incominciò a mettere in relazione e a caratterizzare la peculiarità dei sistemi statistici attraverso la categoria del casuale. È naturale che l'interpretazione dei metodi statistici dovesse dipendere dalla definizione di questa categoria. Nel periodo classico dello sviluppo scientifico si dava un'interpretazione in senso schiettamente soggettivo del casuale come tratto specifico di quei fenomeni e processi di cui semplicemente non si conoscevano le cause e le connessioni necessarie. « Nella natura, — scriveva P. Gol'bach — nulla può avvenire per caso; ogni cosa segue leggi determinate; queste leggi sono la relazione necessaria tra dati effetti e le loro cause [...]. Parlare di collisione casuale degli atomi oppure attribuire alcuni effetti al caso, significa confessare la nostra ignoranza delle leggi secondo le quali i corpi agiscono, si fondono o si disgiungono »[2]. Quindi, i metodi probabilistici trovavano la loro ragione d'essere solo nella limitatezza delle nostre conoscenze: là dove oggetto della ricerca sono processi complessi e non si è in grado di seguire il concatenarsi di tutte le cause, oppure semplicemente non si conoscono le cause, si ricorre all'ausilio dei metodi probabilistici. Con questi metodi si dava uno status provvisorio, relativo e secondario. Tuttavia, con la sempre maggiore utilizzazione dei metodi probabilistici, soprattutto in fisica, si evidenziò sempre di più il loro carattere di obiettività e il loro valore intrinseco. Una interpretazione in questo senso fu sviluppata dai filosofi materialisti e da quegli stessi ricercatori che applicavano questi metodi. « Per quanto riguarda la loro applicazione nella fisica teorica, — scriveva, per esempio, M. Smoluchovskij — tutte le teorie delle probabilità che definiscono il caso come causa parziale sconosciuta, devono essere considerate a priori insoddisfacenti. La probabilità fisica di un evento può dipendere soltanto dalle condizioni che influenzano il suo manifestarsi e non dal livello della nostra conoscenza »[3].

È ormai dimostrata e abbastanza ampiamente argomentata l'inconsistenza delle concezioni secondo cui l'utilizzazione della probabilità nella scienza, e principalmente in fisica, sarebbe determinata dalla limitatezza delle nostre conoscenze[4]. La categoria del casuale ha un ruolo determinante nella interpretazione dei metodi probabilistici. Nei modelli scientifici il

caso e la probabilità sono divenuti di fatto inscindibili. La peculiarità dei metodi probabilistici e delle corrispondenti teorie scientifiche si fonda e si manifesta sulla base della categoria del casuale.
Tale concezione conserva la sua validità praticamente per tutti i casi in cui si applicano metodi probabilistici, ad esclusione della teoria quantistica per la quale tali metodi sono insufficienti. D'altra parte, l'interpretazione stessa del casuale, categoria importantissima della dialettica, presenta ancora molti luoghi oscuri e alcune contraddizioni, il che rende più arduo comprendere la natura dei metodi statistici e influisce negativamente sullo sviluppo delle loro applicazioni.
Nella nostra letteratura filosofica si è andata consolidando l'opinione secondo cui la categoria del casuale caratterizzerebbe, innanzi tutto, un determinato tipo di relazioni agenti nel mondo materiale. Detto ciò, il significato e la difficoltà fondamentale risiedono in questo interrogativo: in che cosa consiste la peculiarità, il carattere specifico di una determinata classe di relazioni?
Sulla *Enciclopedia filosofica* si può leggere quanto segue: il caso è « un tipo di relazione determinata da cause esterne, secondarie rispetto a un dato fenomeno o processo »[5]. E più avanti: « Alla base della concezione dialettico-materialistica del caso sta l'analisi del carattere delle cause responsabili dell'insorgere del fenomeno. In un processo necessario la causa è qualcosa di intrinseco, in un processo casuale è qualcosa che sta al di fuori del processo stesso »[6].
Da questi enunciati appare evidente che la peculiarità delle relazioni che si caratterizzano come casuali è qualcosa di esterno, di collaterale, di secondario, di incompatibile con la natura intrinseca del processo studiato. E viceversa, le relazioni interne, determinanti la natura del processo, si caratterizzano sempre soltanto attraverso la categoria della necessità. Tale interpretazione della casualità e delle sue reciproche relazioni con la necessità è largamente diffusa.
Le affermazioni secondo cui il caso non sarebbe legato alla natura intrinseca dei processi studiati e ne caratterizzerebbe soltanto gli aspetti esteriori, non essenziali, collaterali, equivalgono alle affermazioni sul dubbio valore e sul carattere transitorio dei principi e dei metodi della teoria delle probabilità. Tuttavia ciò non trova alcun riscontro nella realtà: la teoria delle probabilità si trova sulla direttrice portante dello sviluppo dei principi di generalizzazione e dei modelli della moderna scienza della natura.
Quali sono i difetti della interpretazione del concetto di casualità, quale abbiamo qui esposto, quando si afferma che essa non è collegata con la natura intrinseca del processo studiato e che ne caratterizza soltanto gli aspetti esteriori, secondari, collaterali? Si tratta forse di una definizione errata? Bisogna essere molto cauti nel giudicare. Questa accezione del concetto di casualità è usata per spiegare moltissimi risultati scientifici e, soprattutto, fa parte del nostro linguaggio quotidiano. Ma vediamo, ora, che cosa caratterizziamo attraverso il modello di casualità nelle applica-

zioni elementari della fisica statistica classica, per esempio, nell'analisi delle proprietà e delle leggi che regolano il comportamento dei gas. Nei gas si ricorre alla categoria del casuale per definire le relazioni tra le molecole, cioè per definire la struttura interna dei gas. In altre parole, qui il casuale serve non per spiegare qualcosa di esterno, secondario e collaterale, bensì per descrivere la natura interna di dati sistemi materiali. In modo analogo, anche in altri casi di applicazione della teoria delle probabilità il concetto di casuale serve per descrivere le relazioni reciproche tra le mutazioni entro sistemi dati, cioè per descrivere le caratteristiche della natura intrinseca di un processo di mutazione.

Con lo sviluppo della scienza si sviluppa anche e si arricchisce la nostra concezione della categoria del casuale. La concezione moderna della natura del caso si riallaccia, innanzi tutto, all'analisi del suo ruolo e della sua importanza per la conoscenza del modello di livelli e del concetto di indipendenza. Si definiscono casuali le relazioni reciproche tra oggetti, eventi o elementi di un grande insieme, quando praticamente mancano tra gli elementi, oppure sono poco significativi, rapporti di dipendenza lineari, diretti, condizionantisi a vicenda. Indipendenza significa che lo stato o il comportamento dell'oggetto in esame non dipendono e non sono condizionati dallo stato o dal comportamento di altri oggetti, ad esso 'affini' o circostanti. Ma come si attua tale indipendenza? Come è possibile l'indipendenza in un mondo in cui l'origine e l'esistenza di ogni oggetto e fenomeno non sono pensabili al di fuori delle sue interazioni e relazioni con l'ambiente materiale circostante?

Il concetto di indipendenza caratterizza, innanzi tutto, alcuni fenomeni collettivi, sistemi determinati costituiti da un numero infinitamente grande di oggetti. Esso esprime una determinata struttura di questi sistemi. Tuttavia, questi stessi fenomeni collettivi dipendono dalle condizioni della loro esistenza e della loro origine. In altre parole, l'indipendenza ha senso soltanto in presenza di descrizioni integrali, capaci di descrivere il sistema nella sua integrità. È importante sottolineare che, parlando di integrità del sistema preso in esame, di fatto caratterizziamo un nuovo livello della sua struttura ed organizzazione. L'analisi del concetto di indipendenza e del concetto di livello ci dice il contenuto profondamente dialettico della categoria del casuale.

Tale interpretazione della categoria del casuale consente di definire ulteriormente il ruolo e l'importanza delle teorie statistiche applicate alla fisica classica. Ma vediamo quali sono le caratteristiche del principale compito assolvibile nell'ambito di queste teorie. Sovente, nel definire tale compito, si rileva più o meno manifestamente l'insolita complessità e caoticità dei corrispondenti sistemi fisici, costituiti da un numero grandissimo di singole particelle, atomi e molecole. Inoltre, si rileva l'impossibilità di una soluzione 'rigida' del problema e la necessità di semplificarlo. Infine, risulta che il compito principale delle teorie statistiche consiste in una descrizione snaturata, 'di media', delle proprietà e delle leggi dei sistemi fisici, cosa che si ottiene attraverso i metodi probabilistici.

Tuttavia, i metodi probabilistici hanno una 'destinazione', un significato e giocano un ruolo molto più importante che non quello di semplici 'impalcature da costruzione'. Già Maxwell riconosceva l'enorme importanza dei metodi probabilistici. Comunque, ciò si ritrova anche nelle definizioni stesse del compito fondamentale della fisica statistica e, soprattutto, ci sembra, nei lavori di G. Uhlenbeck. Circa i problemi fondamentali della meccanica statistica, egli sottolineava in particolare che « il compito della meccanica statistica consiste *sempre* nel cercare le corrispondenze tra il mondo microscopico, o atomico, e il mondo macroscopico »[7]. Il problema della corrispondenza è, dunque, la chiave interpretativa per un'analisi della natura delle concezioni statistiche nella fisica classica.

La fisica statistica studia i corpi macroscopici costituiti da un numero grandissimo di particelle, cioè i macrocorpi in quanto sistemi materiali determinati. La fisica statistica ha ottenuto grandi risultati soprattutto, ripetiamo, nello studio dei gas e di sistemi analoghi. L'applicazione dei metodi statistici allo studio dei liquidi e dei corpi solidi è relativamente recente. Dal punto di vista storico, l'elaborazione della teoria statistica dei gas è stata preceduta, da una parte, dalla creazione delle basi della termodinamica dei gas, cioè dalla teoria macroscopica (non legata a modelli atomistici) dei gas, e dall'altra, dalla elaborazione della teoria del moto meccanico degli oggetti elementari, cioè dalla meccanica classica. Lo sviluppo delle idee atomistiche nello studio dei gas ha posto la questione di una 'sintesi' particolare delle leggi macroscopiche dei gas con la meccanica classica, cioè il problema della ricerca delle proprietà e delle regolarità di un gas in rapporto alla sua differenziazione interna ed integrazione. Per comprendere la natura di tale sintesi è fondamentale il fatto che è stato possibile realizzarla utilizzando i metodi dell'indagine probabilistica. La probabilità è stato il concetto che ha consentito di unificare, per la prima volta, su basi puramente matematiche, le due tendenze fondamentali e indipendenti della ricerca scientifica: quella che parte dalle proprietà dell'intero sistema per giungere alle proprietà degli elementi e quella che dalle proprietà degli elementi giunge alle proprietà generali del sistema.

Nella conoscenza dei sistemi statistici il ruolo centrale appartiene ai modelli di distribuzione di probabilità che descrivono le caratteristiche fisiche e le regolarità di questi sistemi. « *Una proprietà*, — sottolinea M. Loeve — *è teorico-probabilistica quando, e solo quando, può essere descritta attraverso le distribuzioni* »[8].

Nel linguaggio delle distribuzioni si descrivono gli elementi, le loro relazioni reciproche e i sistemi nel loro complesso. Le distribuzioni esprimono l'unità di discontinuo e continuo, la sintesi di integrale e differenziale nei sistemi statistici, cioè la loro struttura.

Così, l'importanza della probabilità nella fisica classica è determinata, innanzi tutto, dal fatto che essa descrive la struttura dei sistemi fisici. Ma, infine, qualsiasi oggetto di ricerca è un sistema. Per questa ragione è importante sottolineare le peculiarità di quei sistemi le cui leggi vengono espresse attraverso il linguaggio della probabilità.

I sistemi di oggetti, il cui studio ha segnato l'inizio della meccanica statistica, possiedono una caratteristica molto importante: le interazioni, garanti del rapporto degli oggetti entro il sistema, sono relativamente nulle quanto all'ordine di grandezza, cosicché l'apparato teorico può trascurarle. Di qui si dice che la fisica statistica parte dallo studio di sistemi non-interagenti (privi di legami, 'liberi') di particelle. Ciò crea un noto paradosso metodologico: la meccanica statistica riconosce e nega allo stesso tempo la presenza di interazioni tra i singoli elementi dei sistemi studiati[9]. Per motivare i fondamenti della fisica statistica è necessario riconoscere la presenza di interazioni tra gli elementi, nella evidenziazione matematica attraverso metodi statistici, invece, tali interazioni sono trascurate, mentre la presenza dell'insieme nel comportamento delle singole particelle entro un sistema (in ciò risiede, in sostanza, l'importanza di queste interazioni) viene descritta attraverso i macroparametri del sistema e le condizioni esterne del suo esistere. In altre parole, la struttura dei sistemi statistici è tale che lo stato e il comportamento delle loro singole particelle non dipendono direttamente l'uno dall'altro e non si condizionano reciprocamente. Proprio questo tipo di struttura e questa peculiarità delle interazioni tra gli elementi vengono definite casuali.
La concezione moderna del caso, che si basa sul concetto di indipendenza e sulla teoria dei livelli, impregna di sé e fa da supporto all'impostazione generale dei compiti della ricerca nella fisica statistica classica.

III TEORIA QUANTISTICA: POSSIBILITÀ POTENZIALI E STRUTTURA

Si può ritenere punto culminante dello sviluppo delle teorie statistiche applicate alla scienza fisica contemporanea la formulazione della meccanica quantistica negli anni '20 del nostro secolo. La teoria quantistica, secondo V. Vajskopf, rappresenta « il frutto del pensiero umano che più di ogni altro risultato scientifico ha approfondito e ampliato la nostra comprensione del mondo in cui viviamo »[10]. Molte tendenze filosofiche incominciarono a guardare alla meccanica quantistica come al modello costruttivo della conoscenza umana in generale. La fioritura del neopositivismo negli anni '20-'40 del nostro secolo ha preso l'avvio proprio grazie all'assolutizzazione delle caratteristiche dell'origine e della struttura intrinseca della meccanica quantistica. Essa ha modificato, razionalizzandole, le nostre rappresentazioni sulla natura della teoria fisica e queste modifiche si ricollegano direttamente alla interpretazione del concetto di probabilità nella struttura della nuova fisica.
A differenza di quanto era avvenuto per la fisica classica, l'importanza della probabilità nella fisica quantistica è stata riconosciuta subito e su vasta scala. In genere, si dedica grande attenzione all'analisi comparativa dei fondamenti della probabilità nella fisica classica e quantistica. La seguente citazione di Jauch riporta una opinione largamente diffusa fin ai nostri giorni: « Le probabilità nella fisica classica si ritengono deter-

minate da un'insufficiente parcellizzazione dei sistemi studiati, e ciò deriva dalla nostra limitata conoscenza della struttura profonda e dell'evoluzione dei sistemi stessi. Così, queste probabilità devono essere interpretate come aventi una natura *soggettiva*. In meccanica quantistica tale interpretazione degli enunciati probabilistici perde la sua validità comunque, in qualunque sua accezione, perché non è possibile determinare l'infrastruttura, conoscendo la quale si spiegherebbe la presenza delle probabilità a livello dell'osservazione empirica. Sebbene molti fisici abbiano studiato queste teorie a 'parametri occulti', simili tentativi non hanno dato nessun risultato utile. Di conseguenza, noi accettiamo l'opinione opposta secondo cui la probabilità in meccanica quantistica possiede un carattere di fondamentalità che affonda le proprie radici più profonde nella struttura oggettiva del mondo reale. Le possiamo quindi definire *probabilità oggettive* »[11].

Abbiamo già visto come alcuni affermino che le probabilità in fisica classica hanno carattere di soggettività. Queste affermazioni sono ormai divenute in certo senso un pregiudizio accettato alla stregua di dogma, mentre, invece, le affermazioni sul fatto che le probabilità in meccanica statistica hanno un carattere obiettivo e sono radicate profondamente nella struttura stessa del mondo materiale, hanno una grande forza euristica. E il problema consiste nello scoprire in che modo le caratteristiche strutturali del mondo materiale siano 'responsabili' della probabilità. Se nel caso della fisica classica la probabilità poteva ancora essere interpretata come un elemento secondario ed eterogeneo della struttura della teoria fisica, ora, in meccanica quantistica, essa è considerata uno dei fondamenti più importanti della struttura stessa della teoria fisica. Ciò si ricollega con le modifiche apportate alla formulazione del compito fondamentale della ricerca: nella teoria quantistica i metodi probabilistici sono utilizzati, innanzi tutto, ai fini della conoscenza delle proprietà e delle leggi delle singole particelle quantistiche individualmente prese, dei microoggetti. Il passaggio dallo studio dei sistemi costituiti da un numero grandissimo di particelle alla ricerca sulle singole particelle dimostra l'eccezionale duttilità e fecondità dei metodi probabilistici. Questo passaggio si è reso possibile grazie ai sostanziali mutamenti apportati nei procedimenti della ricerca (espressioni, descrizioni) secondo modelli probabilistici. In fisica classica le proprietà e le leggi dei sistemi fisici si esprimevano direttamente nel linguaggio delle distribuzioni di probabilità. In fisica quantistica gli stati delle microparticelle si esprimono attraverso un tipo particolare di descrizione e, innanzi tutto, per mezzo delle funzioni d'onda. Il passaggio dall'uso diretto delle distribuzioni di probabilità alle funzioni d'onda nella descrizione dei sistemi materiali secondo la teoria quantistica ha un enorme significato al fine di comprendere la natura delle teorie statistiche applicate alla fisica.

L'elaborazione di nuove forme e, in primo luogo, delle funzioni d'onda nella descrizione dei sistemi quantistici ha consentito di individuare in via teorica la natura onda-corpuscolo dei microoggetti e di descriverne

altre proprietà intrinseche. Per descrivere queste importantissime particolarità dei microprocessi, e in primo luogo la natura onda-corpuscolo dei microoggetti, non è possibile applicare direttamente la distribuzione di probabilità perché essa, che ha dovunque valori positivi, non può spiegare il manifestarsi dei minimi di interferenza. I modelli di funzioni d'onda si sono rivelati più elastici di quanto non fosse la descrizione diretta, utilizzata in precedenza e basata sulle distribuzioni di probabilità, al fine di descrivere le relazioni reciproche regolari tra distribuzioni di probabilità delle grandezze nella teoria quantistica.

Tali mutamenti nell'impostazione dei compiti fondamentali della ricerca suscitano il seguente interrogativo: come è possibile studiare secondo metodi probabilistici le proprietà e le leggi a cui sono soggette le singole particelle, individualmente prese? La teoria della probabilità è per definizione la scienza dei fenomeni collettivi (casuali)?

I metodi probabilistici nella teoria quantistica si basano su fenomeni collettivi che, tuttavia, qui hanno un carattere del tutto diverso che nella fisica classica. In fisica quantistica essi partono dalla statistica (grande numero) delle osservazioni, delle manifestazioni delle proprietà del microoggetto studiato in alcune condizioni standard. Già a seconda della presenza di una differenziazione costante nei risultati delle osservazioni si possono trarre conclusioni circa le proprietà dell'oggetto dato. In modo analogo, si può intuire il carattere di una persona, agente nelle diverse situazioni quotidiane, a seconda della presenza di una maggiore o minore costanza nelle sue differenti azioni. « Il microoggetto, — scrive V. A. Fock — si manifesta nell'interazione con l'apparecchio [...]. Il risultato dell'interazione di un oggetto atomico con un apparecchio descritto in modo classico è, dunque, l'elemento sperimentale fondamentale la cui sistematizzazione, sulla base di queste o quelle supposizioni circa le proprietà dell'oggetto, costituisce il compito della teoria: dall'analisi di tali interazioni vengono dedotte le proprietà dell'oggetto atomico e le predizioni della teoria vengono formulate come quei risultati delle interazioni che ci si deve attendere »[12]. E ancora: « ... Parlando in generale, il risultato dell'interazione fra l'oggetto e l'apparecchio in date condizioni esterne non è predeterminato in modo univoco, ma ha soltanto una certa probabilità. Una serie di interazioni di questo genere porta ad una statistica, corrispondente ad una determinata distribuzione di probabilità. Questa distribuzione di probabilità riflette le possibilità potenziali nelle condizioni date »[13]. « ... Ciò che viene verificato sperimentalmente è proprio la distribuzione di probabilità »[14].

Parlando di serie (collettivi, insiemi) di osservazioni (manifestazioni delle proprietà dei microoggetti), occorre sottolineare che esse possiedono le caratteristiche essenziali proprie dei sistemi di probabilità della fisica classica. Innanzi tutto, i risultati delle singole osservazioni non hanno un rapporto di dipendenza reciproca: il risultato di una osservazione non determina il risultato di un'altra (successiva) osservazione. In altre parole, la struttura interna dei fenomeni collettivi, rappresentati dai risultati

delle osservazioni, ha un carattere casuale, si definisce attraverso la categoria della casualità.
E ancora: in fisica classica ogni collettivo statistico (sistema di probabilità) aveva anche determinate caratteristiche complete (integrali), altrimenti i metodi probabilistici non avrebbero potuto essere applicati a tali sistemi. Tali caratteristiche integrali sono anche proprie della serie (collettivi) di osservazioni nella teoria quantistica. «La meccanica ondulatoria — osservava L. I. Mandel'štam — è teoria statistica. È possibile non parlare di statistica e di probabilità soltanto se si possiede la totalità degli elementi a cui questa statistica si riferisce. In meccanica ondulatoria essa è la totalità delle esperienze ripetute (ogni singola esperienza è un suo elemento), ma la ripetizione deve avvenire in condizioni identiche...
« Definiremo con il termine di collettivo quel complesso di dati sperimentali sulla base dei quali si esegue l'elaborazione statistica. Un collettivo deve essere designato in qualche modo, altrimenti non ha senso l'impostazione di un qualsiasi problema a suo proposito. Per esempio, si dice che $|\Psi|^2$ è la probabilità. Ma entro che tipo di collettivo? Se non lo si designa, si possono verificare molte confusioni e paradossi...
« È chiaro che anche in fisica classica si pone la stessa questione. Possiamo parlare di distribuzione delle velocità secondo Maxwell soltanto in presenza di una temperatura costante; se la temperatura si modifica, la distribuzione sarà completamente diversa. Lo stesso avviene per quei problemi classici in cui non si parla di collettivo [...]. Dunque, ogni analisi teorica esige che siano specificate *le condizioni dell'esperimento* e tale specificazione può essere sempre ridotta alla determinazione di alcuni parametri. Siamo giunti a ciò che io ritengo la cosa più essenziale e importante, e cioè: la meccanica ondulatoria afferma che, per determinare un collettivo micromeccanico *a cui si riferisce la funzione* Ψ, *è sufficiente indicare* (*fissare*) *i parametri macroscopici* »[15].
Alla presenza di caratteristiche integrali di collettivi micromeccanici (totalità delle ripetizioni degli esperimenti) è direttamente collegata anche la presenza di condizioni finali naturali, caricabili sulle funzioni d'onda. Queste condizioni sono le norme delle funzioni d'onda, i loro limiti, la loro univocità e continuità in tutto lo spazio. La realizzazione di tali condizioni finali appare indispensabile per l'apparato della meccanica quantistica.
Quindi, i tratti generali, il fondamento della probabilità, propri della fisica classica, hanno conservato la loro validità anche per quel che riguarda i collettivi statistici di osservazioni (esperimenti) in meccanica quantistica. Tuttavia, la meccanica quantistica non si limita a studiare soltanto tali dati risultanti dall'osservazione, ma basandosi su di essi, trae conclusioni circa le proprietà, la struttura, le leggi delle microparticelle. Di conseguenza, per quanto riguarda la probabilità in teoria quantistica, non sono più sufficienti le categorie del necessario e del casuale: qui si chiama in causa, in via complementare, la categoria del potenzialmente possibile. Sulla base dei dati dell'osservazione si determinano le proprietà dei micro-

oggetti. La funzione d'onda descrive il loro stato fisico. Ma questa descrizione è tale da permettere di definire anche tutte le possibili manifestazioni di queste proprietà che possono essere osservate in presenza di condizioni diverse. Di qui, si dice che la funzione d'onda (e la meccanica quantistica, in generale) descrive le possibilità potenziali del comportamento di un oggetto in presenza di condizioni diverse. La categoria del possibile ha permesso di scoprire molte cose e ha posto le basi per l'utilizzazione del linguaggio probabilistico in fisica quantistica.

Tuttavia, dire che la meccanica quantistica (in quanto teoria dei microprocessi) esprime semplicemente le possibilità comportamentali dei microoggetti, non significa ancora esaurire l'argomento. Con l'analisi dello spettro delle possibilità di comportamento dei microoggetti, la meccanica quantistica permette di rilevare la presenza di determinate sequenze, nella 'massa' di queste possibilità e, in sostanza, essa trova i propri presupposti fondamentali proprio nella presenza di tali leggi.

Ne risulta che nello spettro delle possibilità le leggi stesse sono condizionate dalle proprietà più intrinseche dei microoggetti: e di queste ultime si occupa, innanzi tutto, la teoria quantistica. È molto importante il fatto che queste stesse caratteristiche profonde nella teoria si definiscano non come possibilità potenziali, quando il risultato dell'osservazione non sia predefinito univocamente e dipenda non solo dall'oggetto stesso, ma dal suo macroambiente circostante. Per sua impostazione, la meccanica quantistica, osserva V. A. Fock, « autorizza pienamente l'introduzione di grandezze che descrivono l'oggetto di per sé, indipendentemente dall'apparecchio (carica, massa, spin delle particelle e anche altre proprietà dell'oggetto descritte da operatori quantistici), ma nello stesso tempo consente vari tipi di approccio all'oggetto: l'oggetto può venir caratterizzato mediante quelle sue proprietà (ad esempio, corpuscolari o ondulatorie) che si manifestano in relazione all'apparecchio di misura e alle condizioni esterne da esso create »[16].

Ai fini di un'analisi della conoscenza secondo criteri meccanico-quantistici, è molto importante che i suoi concetti siano divisi per livelli, per classi: costituiscono la prima classe quei concetti 'osservabili direttamente' (per esempio, le coordinate e l'impulso) che in teoria sono grandezze tipicamente casuali (nel senso della teoria della probabilità); la seconda classe è costituita dai numeri quantici (del tipo dello spin). La differenza tra queste due classi di concetti consiste, innanzi tutto, nel 'grado di fedeltà' ai dati diretti dell'indagine sperimentale. I primi descrivono le caratteristiche più esterne dei microoggetti, i secondi quelle più profonde, interne. I primi consentono di individualizzare i processi quantistici; i secondi hanno carattere generalizzato. Per loro carattere, i primi tendono ad interpretazioni classiche, i secondi piuttosto esprimono la specificità dei fenomeni quantistici. Gli uni si modificano incessantemente, i secondi sono più costanti. Gli uni hanno un legame più stretto con il fenomeno, i secondi con l'essenza, anche se è fuor di dubbio che l'essenza si fenomenizza e, viceversa, il fenomeno è essenziale. È naturale che la

pienezza dell'espressione teorica dei processi quantistici si ottiene quando vengono utilizzati concetti di entrambe le classi che si riferiscono a differenti livelli logici.
La ricerca della relazione reciproca, la sintesi di queste due classi di grandezze, pur di diversa natura, in una unica teoria unitaria, è possibile grazie ai modelli probabilistici. Con ciò si modificano in maniera radicale anche i metodi per descrivere gli stati delle microparticelle. Nel definire tali stati si è dato largo spazio ai concetti della seconda classe (numeri quantici) in quanto capaci di esprimere la natura più profonda dei microoggetti. Queste descrizioni, relativamente ai propri valori numerici, definiscono univocamente, in maniera del tutto rigorosa, tutti gli aspetti delle particelle elementari e servono di base per l'identificazione dei diversi tipi di particelle nelle ricerche sperimentali. Nel descrivere gli stati delle microparticelle questi parametri (grandezze) vengono determinati in modo abbastanza univoco. Tuttavia, non per questo essi determinano in modo univoco i valori dei parametri della prima classe, ma al contrario in tal modo si determina tutto il campo delle possibili manifestazioni di questi ultimi.
Ora si riconosce universalmente che le possibilità dei diversi comportamenti di alcuni oggetti materiali sono condizionate, innanzi tutto, dalla loro composizione interna, dalla loro struttura interna. Quindi, la struttura interna determina sempre una massa di possibilità, e quanto più sono profonde le proprietà che si descrivono, tanto più vasto è il campo delle possibilità. La realizzazione delle diverse possibilità è condizionata dallo stato interno dell'oggetto e dalle condizioni della sua esistenza esterna. Il passaggio dalla possibilità alla realtà, in genere, contiene determinati tratti di irrazionalità, analogamente, in certa misura, al passaggio tra due punti su una coordinata numerica. Ciò si riscontra anche nel carattere delle relazioni reciproche intercorrenti tra concetti di classi diverse nella teoria quantistica. I concetti che esprimono la natura più profonda degli oggetti (quindi, la specifica dei processi quantistici) possono essere definiti integrali-generalizzati. L'importanza di questi concetti è in relazione al loro ruolo nei sistemi teorici relativamente chiusi: essi non si sommano semplicemente ad altri concetti, a quelli iniziali, di questi sistemi, ma esprimono una determinata sistematizzazione delle relazioni tra tali concetti 'di partenza'. Lo studio di simili concetti ebbe inizio già nei sistemi teorici della fisica classica (il centro delle masse e il momento di inerzia in sistemi meccanici semplici, il rotore del campo vettoriale in elettrodinamica). L'essenza dei concetti astratto-generalizzati si ricollega direttamente alla natura del tutto: il tutto non è la riunificazione meccanica delle singole parti, bensì esprime quella organizzazione strutturale attraverso la quale ogni singolo elemento rientra nel sistema. In altre parole, le dipendenze tra queste due classi di concetti si rivelano non già sul piano della coordinazione, ma su quello della subordinazione. Tuttavia, la subordinazione implica una certa 'indipendenza', 'autonomia': le caratteristiche di livello superiore non determinano univocamente i

valori delle caratteristiche di livello 'inferiore', iniziale, ma solo lo spettro dei loro valori tollerabili.
Tutto ciò che abbiamo detto ci consente di dedurre che: in fisica quantistica la probabilità è importante soprattutto perché consente di indagare e di esprimere in via teorica le leggi che regolano oggetti aventi una struttura complessa, 'a due livelli', struttura che racchiude in sé anche date caratteristiche di indipendenza, di 'autonomia'. Il significato principale della probabilità consiste proprio in questo rapporto con la struttura degli oggetti, con i metodi di descrizione della struttura stessa. Per questa ragione si è resa necessaria l'elaborazione di nuove forme teoriche d'espressione dei modelli probabilistici: il passaggio dalla distribuzione probabilistica, in quanto descrizione di base, alla funzione d'onda. In questo modo si è riusciti a realizzare una sintesi di continuo e di discreto, di costante e di variabile, di rigida determinazione e di indipendenza, di elementare e di integrale, cioè si è potuto scoprire ed esprimere la profonda natura dialettica del mondo dei processi atomici. In questo processo che rende la speculazione fisica più flessibile e più vasto il suo panorama consiste la funzione, concettuale e metodologica, più importante della probabilità in fisica quantistica. Poiché la probabilità esprime la struttura della meccanica quantistica, il modificarsi delle nostre rappresentazioni sulla teoria fisica rappresenta il fondamento dell'evoluzione del pensiero fisico.

IV POTENZIALE DI ULTERIORI SCOPERTE NELLA RICERCA DI FORME NUOVE

Abbiamo fin qui esaminato i problemi relativi alla teoria fisica in quanto portatrice delle forme descrittive della conoscenza fisica. Un contenuto sostanzialmente nuovo esige anche forme sostanzialmente nuove di espressione. L'elaborazione di teorie fondamentali si sviluppa di pari passo con la ricerca di forme logiche ad esse adeguate. Ne è testimone il largo uso dei nuovi metodi matematici e di nuove discipline nel tentativo di sviluppare intensivamente la conoscenza fisica, come per esempio, i metodi della teoria dei gruppi nella ricerca sulla fisica delle particelle elementari. Le modifiche fondamentali avvenute nell'apparato matematico si riflettono anche nel modificarsi della logica costruttiva dei corrispondenti sistemi teorici. La lezione della storia dello sviluppo della conoscenza fisica ci consente di dedurre che una nuova classe di sistemi teorici verrà elaborata sulla base della negazione delle strutture logiche delle teorie fondate sul livello attuale delle conoscenze, in quanto loro trasformazione e arricchimento. Tuttavia, quando si ha a che fare con sistemi relativamente chiusi di concetti quali le teorie fondamentali della fisica, queste si dividono complessivamente nelle due classi suddette. In tutti gli altri casi, le nostre conoscenze, in pratica, hanno un carattere semiempirico e semiteorico. Ciò, naturalmente, non ne sminuisce affatto l'enorme importanza, ma dimostra soltanto che nella logica delle deduzioni teoriche esistono ancora enormi zone oscure. Inoltre, tutte le ricerche che si sviluppano in

modo intensivo hanno sempre un carattere semiteorico. Punto di partenza di queste ricerche è l'applicazione di una teoria fondamentale intorno alla quale, in un nuovo campo di ricerca, si condensa uno sciame di nuove ipotesi. Finché queste ricerche sono ancora in atto, è prematuro parlare di strutture delle conoscenze nuove e complete dal punto di vista logico: queste non caratterizzano, in genere, lo svolgimento delle ricerche, ma ne sono il risultato finale.

Detto ciò, è abbastanza difficile e forse persino impossibile dire in anticipo attraverso quale tipo di 'applicazioni' delle moderne teorie fondamentali si otterrà un'ulteriore generalizzazione dei fondamenti in fisica. Generalmente si considera che l'elaborazione di un'ulteriore generalizzazione dei fondamenti in fisica si otterrà grazie alla crescita della fisica delle particelle elementari. Occorre però sottolineare che questa non è l'unica via possibile. È opinione abbastanza diffusa che ulteriori generalizzazioni dei fondamenti in fisica si otterranno attraverso lo studio della fisica dello stato solido. I. M. Lifšic afferma che « la strada maestra della fisica moderna alla ricerca dei fondamenti » si apre sul cammino della ricerca sulla fisica dei sistemi condensati[17]. E ancora, si ritiene che ulteriori generalizzazioni in fisica diverranno possibili quando essa avrà trovato una coesione con l'astrofisica e persino con la biologia.

Come si vede, lo spettro delle possibilità nell'evoluzione delle concezioni fisiche fondamentali è estremamente ampio e solo il futuro ci potrà dire quale sarà il quadro reale di questo sviluppo.

I modelli delle principali forme logiche di espressione delle conoscenze non sono a sé stanti: essi descrivono le caratteristiche profonde della struttura (composizione) del mondo materiale. Occorre sottolineare che lo studio della materia e dei principi della sua organizzazione strutturale serve da base per la concezione scientifica del mondo. I principi e le teorie scientifiche particolari (speciali) s'inseriscono nel sistema delle conoscenze e ricevono una più vasta motivazione teorica e filosofica dall'analisi lucida del loro rapporto con lo studio dei principi della organizzazione strutturale della materia. Se consideriamo la storia della scienza, i principi dell'organizzazione strutturale della materia sono stati studiati e espressi, prima di tutto, dall'atomismo. Le generalizzazioni teoriche, che prendono l'avvio da ogni disciplina scientifica e in primo luogo dalla fisica, fecero la loro prima apparizione proprio con questa dottrina. Le idee dell'atomismo servirono da base per una sintesi delle conoscenze e furono loro originario punto di riferimento. Lo sviluppo dei modelli di strutture rigidamente deterministiche si accompagnò alla formulazione e allo sviluppo dell'atomismo classico di Newton. L'elaborazione di strutture statistiche delle conoscenze ha conferito un significato particolare alle idee di casualità, di indipendenza, di autonomia nella descrizione delle interazioni fra gli atomi.

Nell'attuale momento di sviluppo degli studi sui principi dell'organizzazione strutturale della materia è di particolare importanza l'elaborazione di modelli generali di sistemi direttamente organizzati, modelli che si

vanno formando nel corso delle ricerche sui sistemi vivi e sui sistemi direttamente organizzati in genere. Proprio durante l'elaborazione di questi modelli prendono consistenza importantissime idee generalizzanti della conoscenza moderna e, in primo luogo, di quella scientifica. Tra queste idee si annoverano il concetto di livelli e della loro gerarchia, il concetto di complessità, di autonomia, di integrità, di finalità, di effettività ed altre. I modelli generali di sistemi direttamente organizzati appaiono gli eredi legittimi dei modelli generalizzati che venivano formulati sulla base delle concezioni probabilistiche.

È degno di nota il fatto che praticamente ogni settore della scienza moderna apporta un contributo allo sviluppo delle nostre rappresentazioni sui sistemi complessi e sui metodi della ricerca condotta su tali sistemi. In questo senso si modificano anche i metodi della fisica contemporanea. Già V. I. Vernadskij riscontrava una relazione tra la penetrazione delle idee di probabilità, inconvertibilità, simmetria ed altre, nella fisica e la penetrazione dello spirito della biologia nella fisica stessa. Lo sviluppo degli studi sui sistemi direttamente organizzati è stimolato, innanzi tutto, dalla ricerca sui principali problemi connessi con la conoscenza dei sistemi altamente organizzati, cioè loro composizione ed evoluzione. Questi problemi fanno da corona, per così dire, alla scienza fisica contemporanea e, quindi, le principali forme di espressione delle conoscenze circa questi problemi assimilano in sé i risultati più importanti raggiunti nell'arco di sviluppo di tutte le scienze naturali nel loro complesso.

I modelli di classi e di tipi di teorie scientifiche riflettono il profondo livello raggiunto nella comprensione delle caratteristiche strutturali della materia. Le nuove strutture logiche delle conoscenze appaiono più flessibili, dinamiche e racchiudono in sé maggiori possibilità di rispecchiare fedelmente la realtà.

Ecco cosa ci ha insegnato l'essere passati da strutture rigide a strutture statistiche. Durante questo passaggio le strutture stesse, le forme descrittive delle conoscenze si sono arricchite di caratteristiche quali i livelli, l'indipendenza e l'autonomia. Lo sviluppo delle ricerche sulla struttura dei sistemi porta ad ulteriori interessanti modifiche dei sistemi formali di descrizione delle conoscenze.

Ju. V. S.

Traduzione dal russo: A. GANCIKOFF - MILANO

BIBLIOGRAFIA

1 J. MAXWELL, *Stat'i i reči* (Articoli e discorsi), Moskva, 1968, p. 108.

2 P. D. GOL'BACH, *Izbrannye antireligioznye proizvedenija* (Opere antireligiose scelte), Vol. 1, Moskva, 1934, pp. 34-35.

3 M. SMOLUCHOVSKIJ, *O ponjatii slučajnosti i o proischoždenii zakonov verojatnostej v fizike* (Del concetto di casualità e della manifestazione delle leggi delle probabilità in fisica), in Uspechi fizičeskich nauk, 1927, Vol. 7, V, p. 332.

4 Cfr., per esempio, M. E. OMEL'JANOVSKIJ, *La dialettica nella fisica contemporanea*, in M. E. OMEL'JANOVSKIJ, V. A. FOCK *et. al.*, *L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica*, Feltrinelli, Milano, 1972, p. 269 sgg.

5 *Filosofskaja enciklopedija* (Enciclopedia filosofica), Moskva, 1970, Vol. 5, p. 33.

6 *Filosofskaja enciklopedija* (Enciclopedia filosofica), Moskva, 1970, Vol. 5, p. 34.

7 G. E. UHLENBECK, *Fundamental'nye problemy statističeskoj mechaniki* (Problemi fondamentali della meccanica statistica), in Uspechi fizičeskich nauk, 1971, Vol. 103, II, p. 275. Cfr. anche G. E. UHLENBECK, *Problems of Statistical Physics*, in J. MEHRA (ed.), *The Physicist's Conception of Nature*, Dordrecht-Holland, 1973, p. 501.

8 M. LOEVE, *Teorija verojatnostej* (La teoria delle probabilità), Moskva, 1962, p. 183.

9 Cfr. A. JA. CHINČIN (KHINCHIN), *Matematičeskie osnovanija statističeskoj mechaniki* (Fondamenti matematici della meccanica statistica), M.-L., 1943, p. 36.

10 V. VAJSKOPF (WEISSKOPF), *Fizika v dvadcatom stoletii* (La fisica nel XX secolo), Moskva, 1977, p. 41.

11 I. M. JAUCH, *The Quantum Probability Calculus*, in *Fundamenta Scientiae*, Seminaire sur le fondements des sciences, N. 27, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1975, pp. 2-3.

12 V. A. FOCK, *Fisica quantistica e problemi filosofici*, in M. E. OMEL'JANOVSKIJ, V. A. FOCK *et al.*, *L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica*, Feltrinelli, Milano, 1972, p. 298.

13 *Ibid.*, p. 299.

14 *Ibid.*, p. 300.

15 L. I. MANDEL'ŠTAM, *Lekcii po optike, teorii otnositel'nosti i kvantovoj mechanike* (Lezioni di ottica, teoria della relatività e meccanica quantistica), Moskva, 1972, pp. 332-333.

16 V. A. FOCK, *Fisica quantistica e problemi filosofici*, in M. E. OMEL'JANOVSKIJ, V. A. FOCK *et al.*, *L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica*, Feltrinelli, Milano, 1972, p. 298.

17 Cfr. *Vestnik Akademii nauk SSSR*, 1965, II, p. 34.

On the Structure of Statistical Theories in Physics

JU. V. SAČKOV
USSR Academy of Sciences, Moscow

According to current thinking in logical and methodological research, the development of physics can be considered as a process in which one theory is substituted by another, thus elaborating new theoretical systems of knowledge following on the incessant expansion of the fields open to research and on the discovery of new physical objects, materials and systems. Simultaneously, as physics develops, it modifies the representations of what we understand as physical theory: one of the most important lessons imparted by the development of contemporary physics is the fact that while new physical theories of a fundamental nature have been created, at the same time there have been substantial modifications in our representations of physical theory itself, of its nature, its structure and its forms of description. This phenomenon was not immediately recognised in its philosophical aspects but it has been discussed in debates on the completeness of the new theories. Initially, new physical theories — and in the first instance classical statistical mechanics, the theory of relativity and quantum mechanics — were regarded as incomplete, that is to say in some degree imperfect and deficient from a logical point of view. This debate on the completeness of physical theories led to the recognition that the theories themselves differ greatly from one another in terms of their intrinsic, logical structures. New knowledge calls for new forms of expression. Our awareness of this assertion permits us to be surer and firmer in our attempts to assess the present state of the evolution of knowledge in philosophical terms. The analysis of the most appropriate forms for describing knowledge appears to be one of the most important methodological problems of contemporary science. In the past, the study of the principal forms capable of describing knowledge was dominated by the analysis of the nature of concepts and scientific laws. Nowadays, however, most attention in methodological studies is being given to that research which treats scientific theories as sufficiently integral conceptual systems.

It needs to be pointed out that knowledge, as a rule, is systematic. Any sufficiently complete knowledge of a material process is always a conceptual system. There are, however, different kinds of systems. A scientifically founded theory develops its own perfect expressive form. In this sense it must be recognised that no single, adequately structured conception of this most important category of science has yet been elaborated. The term scientific theory is frequently used to mean the whole complex of theoretical knowledge related to the processes under study, even though there may be no logical internal links between the individual components of such knowledge. The most important and distinctive signs that characterise an authentic scientific theory are, using the term 'scientific' in its most profound sense, its relative logical completeness, its

'closed' nature and an absence of contradictions. Our determination of the essence of these characteristics of scientific theories is directly influenced by our evaluation of the role and significance of the initial and final conditions on which theoretical research is pivoted. If, in a theoretical research conducted on the basis of a given scientific theory, the determination of the initial and final conditions allows, at least in principle, the corresponding range of problems to be resolved without recourse to further experimentation on the problems themselves and with no modification of the conceptual system, then we can claim to be dealing with a relatively closed and complete scientific theory.

By the relative completeness of a scientific theory we mean that within it all of the fundamental assertions concerning the objects under research are mutually related to each other and that there are no assertions completely independent from one another regarding the properties and laws that govern the objects of the research. To say that the theory is non-contradictory means that within it we cannot make deductions which exclude one another.

If a scientific theory is the highest result of science, a scientifically valid method is theory in practice or the practical application of theory. The application of already formulated theories generates the 'birth' of new theories. A basic example of this is given by the applications of classical mechanics. The application of the principles of mechanics to the analysis of continuous media led to the elaboration of new theoretical forms, on the basis of which classical electrodynamics was restudied. Moreover, it was the application of classical mechanics to discrete media (systems composed of large number of individual particles), by the modification of its methods, which led to the creation of classical statistical physics.

Hand in hand with the study of new scientific theories there are also changes in our representations of scientific theory itself. Representations of new aspects, types and classes of theories are elaborated. As regards analysis of the characteristics of the development of our representations on physical theory, by far the most significant fact is that all valid theories in existence having a relatively complete, logical, internal structure can be divided into two classes: purely deterministic theories and statistical theories. To explain the difference between these two classes it is not sufficient merely to limit oneself to pointing out the difference between the properties of the relative material processes; on the contrary, the difference between them is of a profound and logical nature. Contemporary physics differs from classical physics not only, and not so much, in the fact that it deals with new problems but, in the first instance, on account of its capacity for penetrating deep into the substance of these problems, secondly for its capacity to profoundly transform the logical-structural bases of physical knowledge and, finally, for its theoretical-analytical approach (method) to physical phenomena.

The elaboration of rigidly deterministic theories characterised the classical period of scientific development in the eighteenth and nineteenth centuries. Physics was not the only discipline to be affected by this trend and analogous developments took place in all sectors of knowledge, even if in most of them the theoretical systems were developed less than in physics and had, by and large, a purely descriptive character, making little use of mathematical methods.

Philosophical and methodological literature has given much space to discussing the classes of fundamental theories. In this instance we must underline merely the limited character of these theories, to which particular attention has been given throughout the whole period of scientific development. In rigidly deterministic theories all of the concepts, all of the ties and all of the relations are considered as belonging to the same logical level and are all equivalent and necessary. Chance could not be a characteristic of the internal structure or the principles of the theory. Consequently, the representations of rigidly deterministic theories revealed themselves to be fairly limited and

inconsistent with regard to research on the problem of autonomy (internal activity and free will, together with their foundations and significance) and on the problem of the multiplicity of levels in the intrinsic structure of complex systems. Autonomy, which implies the concepts of independence and indetermination, and levels, which express themselves through concepts of different logical natures, are ideas characteristic of the philosophical currents which critically revised the tendency towards absolutist interpretations of the role and importance of theories of the classical type. One constructive criticism of the deterministic theories is that conducted on the basis of statistical theories. Indeed, with the formation and evolution of statistical theories, the models and, more importantly, the structure of theoretical physics could be modified. Physics has never experienced, neither before nor since, change in so substantial a manner as regards opinions on its scientific structure. It is for this reason that we must dedicate the greatest attention in the future to a multilateral analysis of this methodological lesson.

THE FORMATION OF MODELS IN STATISTICAL THEORY: PROBABILITY AND CHANCE - II

The history of physical models based on statistical theories began with the study of the molecular-kinetic theory of gases. At first this research was seen as an extension of the field of applications of classical mechanics by its application to the analysis of a new physical system. At the point of departure were the atomic models. General models of the structure of materials, and especially of gases, had been elaborated long beforehand. The evolution of these theories can be followed in the work of R. Boyle, I. Newton, D. Bernoulli, L. V. Lomonosov and other scientists active around the time when the principles of classical physics were in the process of formulation. However, the fortune of statistical models as operative physical principles is associated above all with the names of P. Clausius, J. Maxwell, L. Boltzmann and W. Gibbs.

In studying the kinetic theory by examining gases as made up of a very large number of particles, Clausius was actually able to perceive that it would be impossible to resolve the problem with the direct methods of mechanics and that it would be necessary to modify the research methods. This is demonstrated in the models of 'mean' values which he introduced into the description of the state of motion of the gas molecules. In this way it was possible to move from the mechanics of particle systems to research on the physical state of systems made up of an extremely large number of molecules. According to Maxwell, the most important contribution of Clausius was « that he opened up a new field of study, that of mathematical physics, having demonstrated how it was possible to examine mathematically systems composed of an infinite number of molecules in motion »[1]. From the methodological point of view an evaluation of Clausius' innovation is of considerable importance: are we, in fact, witnessing merely a degeneration of mechanical methods or, on the contrary, the conception of substantially new methods?

It appears that Maxwell was the first to really appreciate this modification of methods in that he held its role to be of prime importance and not just auxiliary. He had already, even at that time, fully understood that the molecular-kinetic theory of gases marked the passage from the dynamical methods of mechanics to a theoretical-probabilistic approach. Developing further the novel intuitions of Clausius, Maxwell progressed from the model of mean values of quantities, representing the motion of molecules in macrosystems, to models of the probabilistic distribution of the values of these quantities. In order to describe the properties of material systems and the laws that govern them, the principle of probabilistic distribution was adopted, a principle that is at the core of many different applications of the theory of probability. The work of Maxwell gave rise to a rapid growth in

the use of models to represent the internal structure of materials.

Classical statistical physics found its most complete and finished expression in the work of L. Boltzmann and W. Gibbs. The former was responsible, in his famous *H*-theorem, for giving a statistical interpretation of the fundamental principle of thermodynamics, that is the second law. Statistical mechanics furnished a generalised description in a form useful for research into systems of greatly different physical natures.

The birth of classical statistical mechanics was accompanied by a revision of its foundations and of its significance. It did not take long to realise that science is forced to make use of the principles and methods of probability as the only means of resolving a series of otherwise impossibly complex problems; that is to say, probability in physics is the consequence of the limited character of human knowledge. Such assertions become plausible when one considers that, historically (genetically) speaking, statistical physics was studied first of all as the mechanics of large numbers of particles. Since it was impossible in these cases to solve directly call of the appropriate equations of motion, models of the mean values of the quantities were introduced in order to represent the motions of the particles and probabilistic methods were therefore taken to be a degeneration, a simplification and so on, in the design of research programmes. These methods, however, also possessed an alternative philosophical motivation.

Statistical systems, in fact, began to be related and characterised according to the category of chance (casuality). It is clear that the interpretation of statistical methods must depend upon the definition of this concept. In the classical period of scientific development chance was given a wholly subjective interpretation as a specific aspect of those phenomena and processes of which the causes and necessary relations were simply unknown. « In nature », wrote P. Gol'bach, « nothing can occur by chance; every event follows deterministic laws; these laws are the necessary relation between given effects and their causes [...]. To speak of a casual collision between atoms or to attribute any effect to chance amounts to confessing that we are ignorant of the laws according to which these bodies act, are brought together and break apart »[2]. Probabilistic methods, therefore, had their *raison d'être* only in the limited nature of our knowledge: whenever the object of research is a complex process in which we are unable to disentangle individual causes, or simply whenever we are ignorant of the causal nature, then recourse was to be made to probabilistic methods. These methods, then, were awarded a temporary and relative, or secondary, status. But with the ever greater utilisation of probabilistic methods, especially in physics, a more objective aspect of their character came to be recognised, together with an appreciation of their intrinsic value. An interpretation of this kind was undertaken by materialistic philosophers and by the very researchers who had taken up these methods. « As regards their application in theoretical physics », wrote, for example, M. Smoluchovskij, « all the theories of probability that define chance as a partial, unknown cause must be considered unsatisfactory *a priori*. The physical probability of an event can depend only on the conditions that influence its manifestation and not on the level of our knowledge »[3].

Nowadays, the inconsistency of the conception according to which the use of probability in science, and especially in physics, is determined by limits on our knowledge has been well demonstrated and documented[4]. The category of chance has a vital role in the interpretation of probabilistic methods. In scientific models, chance and probability have actually become indispensable. The peculiarity of probabilistic methods and of the corresponding scientific theories is founded and revealed upon the basis of the chance category.

This conception conserves its validity in practically all the cases where probabilistic methods are employed, excluding quantum theory for which it is insufficient. On the other hand, this interpretation of chance,

an extremely important category of dialectics, still presents several obscure points and some contradictions, all of which makes it harder to understand the nature of statistical methods and is the cause of negative feedback on the development of their applications.

One opinion which has been consolidated in our philosophical literature is that which argues the category of chance to characterise, in the first instance, a particular type of relation operative in the material world. Having said this, the fundamental significance and difficulty of this idea are to be found in the question: in what does the peculiarity and the specific character of a given class of relation consist?

On consulting the *Philosophical Encyclopaedia* we read that chance is « a type of relation determined by external, secondary causes with respect to a given phenomenon or process »[5]. And further: « At the root of the dialectic-materialistic conception of chance lies the analysis of the character of the causes responsible for the phenomenon taking place. In a necessary process the cause is something intrinsic; in a chance process it is something that lies outside the process itself »[6].

From these quotations it seems evident that the peculiarity of the relations that can be characterised as chance is something external, collateral, secondary and incompatible with the intrinsic nature of the process under study. *Vice versa*, the internal relations, determining the nature of the process, are always and uniquely characterised by the category of necessity. Such is the commonly held interpretation of casuality and of its relation to necessity.

The assertions according to which chance is not linked to the intrinsic nature of the process under study but rather characterised by external, non-essential and collateral aspects are equivalent to the arguments on the doubtful value and temporary nature of the principles and methods of probability theory. But they find no verification in reality: probability theory is one of the driving forces in the development of generalising principles and models in the modern natural sciences.

What are the defects in the interpretation of the concept of chance presented here, in which it is affirmed that chance is not related to the intrinsic nature of the process under study but only to external, secondary and collateral aspects? Is it perhaps a wrong definition? We have to be most careful in judging this point. The concept of chance understood in this way is widely accepted and used to explain a great many scientific results as well as, furthermore, forming part of our everyday language. But let us see what we are characterising by the chance model in the elementary applications of classical statistical physics, for example in the analysis of the properties and laws which govern the behaviour of gases. In considering gases we make use of the chance category to define the relations between molecules, that is to define the internal structure of the gas. In other words, in this case chance serves not so much to explain something external, secondary or collateral but actually to describe the internal nature of the given material system. In an analogous fashion, in some other cases of the application of probability theory, the concept of chance serves to describe the mutual relations between changes within given systems, that is to describe the characteristics of the intrinsic nature of processes of change.

Accompanying the development of science there is a corresponding development and enrichment of our conception of the category of chance. The modern conception of the nature of chance is tied up with the analysis of its role and importance for the knowledge of the model of levels and of the concept of independence. Chance relationships between objects, events or elements of a large ensemble are defined to be those where there is no linear or direct dependence between the elements or when their dependence is of little significance. For an object to be independent means that the state or behaviour of the object does not depend on and is not conditioned by the state or behaviour of other nearby objects. But how

is this independence articulated? How is independence possible in a world in which the origin and existence of every object and phenomenon is unimaginable outside of their interactions and relations with the material environment around them?

The concept of independence characterises a number of collective phenomena, that is to say those systems made up of an infinitely large number of objects. It expresses a particular structure of these systems. However, these very collective phenomena depend upon the conditions of their existence and their origin. In other words, independence makes sense only in the presence of a full description capable of accounting for the system in its entirity. It is important to underline the fact that in speaking of the entirity of the system we are in fact, characterising a new level of its structure and organization. The analysis of the concept of independence and of the concept of level illustrates the profoundly dialectical content of the chance category.

An interpretation on these lines of the chance category permits us to define further the role and importance of the statistical theories applied in classical physics. But let us see what are the characteristics of the principle task performed by these theories. Frequently, in defining this task one points more or less openly to the unusual complexity and chaos of the relevent physical systems, made up as they are of innumerable separate particles, atoms or molecules. Moreover, it is necessary to consider the impossibility of a 'rigid' solution to the problem and the need to simplify it. Finally, the principle task of statistical theories must be seen as the provision of an artificial description of the 'means', properties and laws relating to the physical system, something that is obtained through the use of probabilistic methods.

However, probabilistic theories have a 'destination' and play a much more important role than can be implied by thinking of them as simply 'scaffolding' for use in the construction of models. Maxwell himself recognised the enormous importance of probabilistic methods, a feature that can also be found in the very definition of the fundamental task of statistical physics and, above all, it seems to us, in the work of G. Uhlenbeck. Writing about the basic problems of statistical mechanics, he underlined in particular that « the task of statistical mechanics is *always* that of finding a correspondence between the microscopic, or atomic, world and the macroscopic world »[7]. The problem of correspondence, then, is the key to the analysis of the nature of statistical conceptions in classical physics.

Statistical physics studies macroscopic bodies made up a large number of particles, that is to say macro-bodies in as much as they are specific material systems. Statistical physics has been very successful with this approach; above all, let us repeat, in the study of gases and analogous systems. The application of statistical methods to the study of liquids and solids is a relatively recent topic.

From the historical point of view, the elaboration of the statistical theory of gases was preceded on the one hand by the creation of the bases of gas thermodynamics (in macroscopic terms unrelated to atomistic models) and on the other hand by the elaboration of that theory of mechanical motion for simple bodies which we now know as classical mechanics. The development of atomistic ideas in the study of gases posed the question of a possible 'synthesis' of the macroscopic gas laws and classical mechanics, or in other words the problem of research into the properties and regularities of a gas in terms of its internal differentiation and integration. To understand the nature of this synthesis it must be realised that in order to reach it a probabilistic approach was undertaken. Probability was the concept which for the first time allowed the unification, on a mathematical basis, of these two fundamental and separate fields of scientific research: that which starts from the whole system to arrive at the properties of the elements of which it is formed and that which starts from the elements to arrive at the general properties of the system.

In our knowledge of statistical systems a central role is taken by models of the distribution of properties that describe the physical characteristics and regularities of the systems. As M. Loeve has emphasised, « *A property is theoretical-probabilistic when — and only when — it can be described by a distribution* »[8].
In the language of distributions we describe the elements, their mutual relations and the system taken as a whole. The distribution expresses the unity of the discontinuous and the continuous, the synthesis of the integral and the differential in the statistical systems — in other words, their structure.
Thus, the importance of probability in classical physics is determined, first of all, by the fact that it describes the structure of physical systems. But, finally, any object of research is a system and for this reason it is important to underline the peculiarity of those systems where laws come to be expressed in the language of probability.
Systems of objects, the study of which marked the beginning of statistical mechanics, possess a most important characteristic: the interactions governing the relations of objects within the system are relatively non-existent in terms of their order of magnitude, so that the theoretical apparatus can ignore them. From this it can be said that statistical physics begins from a study of non-interacting systems with bondless or 'free' particles. This is the origin of a well-known paradox. Statistical mechanics both recognises and the same time denies the presence of interactions between the individual elements in the systems which it studies[9]. In order to justify the basis of statistical mechanics it is necessary to recognise the presence of interactions between the separate elements. Yet in the mathematical description by statistical methods such interactions are ignored, while the presence of a totality in the behaviour of individual particles within the system (and in this lies the main importance of the interactions) is described by means of macroparameters of the system and the external conditions of its existence. In other words, the structure of statistical systems is such that the state and the behaviour of its individual particles do not depend directly upon each other and are not mutually conditioned. It is precisely this kind of structure and this peculiarity of the interactions between elements that can be termed casual.
The modern conception of chance, which is based on the concept of independence and on the theory of levels, comprises within itself and acts as a support for the general lay-out of the tasks facing researchers in classical statistical mechanics.

QUANTUM THEORY: POTENTIAL POSSIBILITIES AND STRUCTURE - III

The high point of the application of statistical theories to contemporary physical science was reached in the 1920's with the formulation of quantum mechanics. In the words of V. Vajscopf, quantum theory is « the fruit of human thought which more than any other scientific result has enlarged and deepened our knowledge of the world in which we live »[10]. Many philosophical schools took to looking at quantum mechanics as a constructive model of human knowledge in general. The absolute nature of the characteristics of the origin and intrinsic structure of quantum mechanics was also responsible for the flowering of neopositivism in the years from the 1920's to the 1940's. It caused a modification in our representations of the nature of physical theory, rationalising them, and these modifications were linked directly to the interpretation of the concept of probability in the structure of the new physics.
Unlike what had occurred in the case of classical physics, the importance of probability for quantum theory was immediately recognised on a vast scale. In general, much attention was paid to the comparative analysis of the foundations of probability in classical and quantum physics. The following quotation from Jauch illustrates an opinion widely held even up to the present day: « Probabilities in classical physics were de-

termined by an inadequate description of the systems being studied, originating in our limited knowledge of the deepest structure and evolution of the system. Therefore, these probabilities must be interpreted as having a *subjective* nature. In quantum mechanics this interpretation of probabilistic statements loses its validity in all cases since it is not possible to determine the infrastructure which could explain the presence of probability at the level of empirical observation. Although many physicists have studied these theories of 'occult parameters' they have given no useful results. Consequently, we accept the opposite opinion according to which probability, in quantum mechanics, possesses a character of fundamentality which is deeply rooted in the objective structure of the real world. It can therefore be termed an *objective probability*»[11]. We have already seen how some claim that probabilities in classical physics have a subjective character. These assertions have come to be virtually accepted dogmas while, on the other hand, those assertions which hold probabilities in statistical mechanics to have objective characters that are deeply rooted in the very structure of the material world have a great heuristic force. Our problem is that of discovering in what way the structural characteristics of the material world are 'responsible' for probability. If, in the case of classical physics, probability could still be interpreted as a secondary aspect heterogeneous to the structure of the physical theory, nowadays, in quantum mechanics, it is considered to be one of the most important foundations of the structure of physical theory itself. This is tied up with the modifications made to the formulation of the fundamental tasks of research; in quantum theory, probabilistic methods are used, first of all, to gain a knowledge of the properties and laws of the individual quantum objects taken separately as micro-objects. The movement from a study of systems made up of a great many particles to research on the single particles demonstrates the exceptional ductility and fecundity of probabilistic methods. The movement, in fact, was made possible by the statistical changes brought about in the research procedures (expressions, descriptions, etc...) by probabilistic models. In classical physics the properties and laws of a physical system were expressed directly in the language of the probability distributions. In quantum mechanics the states of the micro-particles express themselves through a particular type of description or, to be precise, by a wave-function. The move from a direct use of probability distributions to wave-functions in the description of the material systems by quantum theory has enormous significance for understanding the nature of the statistical theories applied in physics.

The analysis of the new forms, and in the first instance of wave-functions, in the description of quantum systems allowed the expression in theoretical terms of the wave-particle nature of the micro-objects and the description of other intrinsic properties. To describe these most important aspects of micro-processes, especially that of the wave-particle nature of micro-objects, it is not possible to apply directly the probability distribution because this, which takes everywhere positive values, cannot explain the presence of interference minima. Wave-function models have been found to be more elastic than the direct description previously utilised (and based on probability distributions) in describing the regular mutual relations between the probability distributions of quantities in quantum theory.

These changes in the statement of the fundamental tasks of research lead us to pose the following question: how is it possible to study by probabilistic methods the properties and laws to which individual particles, taken separately, are subject? Is not the theory of probability, by definition, the science of collective (casual) phenomena?

The probabilistic methods in quantum theory are based on collective phenomena which, however, have a totally different character from those encountered in classical physics. In quantum physics they originate in the statistics of a large number of observations and from the manifestations of prop-

erties of the micro-object studied in some standard conditions. According to the presence of constant features in the results of observations, we can draw conclusions about the properties of a given object. In the same way one can discover the character of a person, acting in the different situations of everyday life, from the presence of a more-or-less constant factor in his different actions. « The micro-object », wrote V. A. Fock, « shows its nature in interactions with apparatus [...]. The result of the interaction of an atomic object with an apparatus described in the classical fashion is, then, the fundamental experimental element whose systemization, on the basis of some suppositions about the properties of the object, constitutes the task of theory. From an analysis of such interactions it is possible to deduce the properties of the atomic object and the predictions of theory are formulated as the results of interactions that should be expected »[12]. Further, « Generally speaking, the result of the interaction between object and apparatus in given external conditions is not preordained in an unequivocal manner but has only a certain probability of taking place. A series of interactions of this kind leads to a statistical variation corresponding to a given probability distribution. This probability distribution reflects the potential possibilities under the given conditions »[13] « ... What is experimentally verified is precisely the probability distribution »[14].

When speaking of some series (a group or a collective) of observations (manifestations of the properties of micro-objects), we need to underline that these possess the essential characteristics of the probability system of classical physics. In the first place, the results of separate observations do not have a mutually dependent relationship: the result of one observation does not determine the result of another, successive observation. In other words, the internal structure of the collective phenomena which is represented by experimental results has a casual character and is defined by the chance category. Furthermore, in classical physics every statistical collective (or probability system) had also some complete (integral) characteristics; otherwise the probabilistic methods could not have been applied to such systems. These integral characteristics refer, too, to the series (collective) of observations in quantum theory. As L. T. Mandel'štam has observed, « Wave mechanics is a statistical theory. It is possible to avoid speaking of statistics and probability only if one possesses the totality of information about the elements to which the statistics refers. In wave mechanics this is the totality of repeated experiments (each single experiment is one of its elements); but the repetitions must take place in identical conditions...

« We will define the term collective as that complex of experimental data on the basis of which the statistical elaboration will be carried out. A collective needs to be designated in some way or else the statement of a problem referring to it would be senseless. For example, we say that $|\psi|^2$ is a probability. But within what kind of collective? If we do not designate it, then we run the risk of provoking confusion and paradoxes...

« It is clear that the same question can be posed in classical physics. We can speak of a velocity distribution, following Maxwell, only in the presence of constant temperature; if the temperature changes then the distribution becomes quite different. The same can be said of other classical problems in which the collective is not referred to [...]. Thus, the theoretical analysis demands that the *conditions of the experiment* be specified and this specification can always be reduced to the determination of some parameters. We have reached what I take to be the most essential and important point: wave mechanics asserts that in order to determine a micromechanical collective *to which the wave-function* ψ *refers, it is sufficient to indicate (fix) the macroscopic parameters* »[15].

The existence of the integral characteristics of micromechanical collectives (the totality of the experimental results) is directly linked to the existence of final, natural conditions that can be put into the wave-function.

These conditions are the norms of the wave-function, its limits, its uniqueness and continuity in all space. The realisation of the final conditions appears indispensable for quantum mechanics.

We can conclude that the general traits and foundations of probability in classical physics have conserved their validity even as regards the statistical collectives of observations (and experiments) in quantum mechanics. However, quantum mechanics does not limit itself to studying merely the data resulting from observations but, basing itself on these, goes on to draw conclusions about the properties, structure and laws of the microparticles. As a consequence of this, the categories of necessity and chance are no longer sufficient for dealing with quantum probabilities; also called into play is the category of potentially possible. On the basis of observational data the properties of the micro-objects are determined. The wave-function describes their physical states. But this description is such that it permits us to identify all the possible manifestations of these properties which can be observed in the presence of different conditions. From this we can say that the wave-function (and quantum mechanics in general) describes the potential possibilities of the behaviour of an object in the presence of different conditions. The category of the possible has permitted many discoveries and has laid the basis for the utilisation of probabilistic language in physics.

In spite of this, to say that quantum mechanics (in as much as it is a theory of microprocesses) expresses simply the behavioural possibilities of micro-objects does not mean that we have exhausted the argument. With the analysis of the spectrum of the behavioural possibilities of micro-objects, quantum mechanics allows us to point out the presence of certain sequences and laws in the 'mass' of these possibilities and, in effect, it finds its own fundamental assumptions precisely in the presence of these laws.

The result is that in the spectrum of possibilities, the laws themselves are conditioned by the more intrinsic properties of the micro-objects; and it is with these latter properties that quantum physics is largely concerned. It is very important that these same profound characteristics in the theory are not defined as potential possibilities, while the result of an observation is not uniquely preordained and depends not only on the object itself but on its macroscopic environment. On account of its definition of the problem, quantum mechanics, observes V. A. Fock, « fully authorises the introduction of quantities that describe the object by itself (such as charge, mass, spin and other properties of the object described by quantum operators), independent of any apparatus but at the same time allows a variety of approaches to the object; the object can be characterised by those properties (for example, wave-like or corpuscolar) that are manifested as regards the measuring instrument and the external conditions created by it »[16].

To analyse knowledge according to quantum mechanical criteria it is important that the concepts used be divided into levels and classes: the first class is made up of 'directly observable' concepts such as the co-ordinates and impulses, which in theory are typically casual quantities (in the sense given by the theory of probability); the second class is made up of quantum numbers such as spin. The difference between these two classes of concepts resides, first of all, in the degree of fidelity that experimental inquiry can give to the data. The first kind describe the more external characteristics of the micro-objects while the second deal with more profound, internal characteristics. The first allow an individualisation of the quantum processes while the second have a generalised nature. The first, by their very character, tend towards a more classical interpretation while the second lean towards expressing the specific character of quantum phenomena. The first change incessantly; the second are more constant. The first have strong links with the phenomenon; the second have links with the essence of the particles, even if we do not doubt that this essence can be 'phenomenised' and, *vice versa*, that the phenomenon is essential. It is natural that the

fullness of the theoretical expression of quantum processes is obtained when we use concepts from both classes which refer to different logical levels.

The search for a mutual relation and a synthesis of the two classes of quantities is possible, even though they are of quite different natures, thanks to probabilistic models. Using these, we must radically modify the methods of describing the states of the micro-particles. In defining these states much room has been given to concepts of the second class (quantum numbers) in that these are able to express the most profound nature of the micro-objects. These descriptions, relative to their own numerical values, define unequivocally in a most rigorous fashion all of the aspects of elementary particles and serve as the basis for identifying different kinds of particles in experimental research. In describing the states of the micro-particles, these parameters (quantities) are determined in a fairly unequivocal manner. However, this does not imply that they uniquely determine the values of the parameters in the first class; on the contrary, in this way we determine the whole area of possible manifestations for this class. It is now universally recognised that the possibilities of different behaviours by some material objects are conditioned, in the first instance, by their internal composition and structure. Thus, the internal structure always determines a range of possibilities and the deeper these properties can be described, the larger becomes the range of possibilities. The realisation of the different possibilities depends on the internal state of the object and by the external conditions of its existence. The transition from possibility to reality contains, in general, certain traits of irrationality in some ways similar to a motion between two points on a numerical coordinate. This is also met with in considering the mutual relations between concepts from different classes in quantum theory. Those concepts that express a more profound nature of the objects (and therefore the specific aspects of the quantum process) can be defined as generalised and integral. The importance of these concepts relates to their roles in relatively closed theoretical systems: they do not amount to simply the same thing as other concepts, such as those already considered, but rather they express a systemisation of the relation between the concepts from which we began our discussion. The study of these concepts was undertaken even in the theoretical systems of classical physics (such as centre of gravity, moment of inertia and so on for simple mechanical systems or the curl of the vector field in electrodynamics). The essence of abstract-generalised concepts is associated directly with the nature of the whole: the whole is not just a mechanical unification of the separate parts but a real expression of the structural organisation by which each separate element becomes a member of the system. In other words, the dependence between the two classes of concepts is revealed not only on the plane of co-ordination but also on that of sub-ordination. Yet sub-ordination implies a certain 'independence' or 'autonomy': the characteristics of a superior level do not uniquely determine the characteristics of inferior levels but only indicate the spectrum of tolerated values. All that we have said thus far leads us to deduce that: in quantum physics probability is important above all because it enables theoretical inquiry and expression of the laws governing objects with complex structures at two 'levels', levels which embody in themselves certain characteristics of independence and autonomy. The principle significance of probability lies just in this relationship between the structure of objects and the methods of describing their structure. For this reason it has been necessary to elaborate new forms of expression in probabilistic models and this has been realised in the shift from probability distributions to the use of wave-functions in the basic description. In this way it has been possible to reach a synthesis of the continuous and the discrete, of the constant and the variable, of rigid determinism and independence, of elementary and integral; in other words, we have been able to discover

and express the profoundly dialectic nature of the world of atomic processes. This activity can be seen as the most important conceptual and methodological function of probability in quantum physics and it has rendered physical speculation more vast and more flexible. Since probability expresses the structure of quantum mechanics, the shift in our representation on physical theory can be taken as the foundation of the evolution of physical thought.

THE POTENTIAL FOR FURTHER DISCOVERIES IN THE RESEARCH FOR NEW FORMS - IV

So far we have examined problems relating to theoretical physics being treated as a bringer of new descriptive forms into physical knowledge. We have seen that a substantially new content calls for a substantially new form of expression. Now, the elaboration of fundamental theories develops hand in hand with the search for new logical forms competent in expressing them. A fine example of this is offered by the widespread use of new mathematical methods and new disciplines in attempts to intensively develop physical knowledge, such as is the case with, for example, the methods of group theory in research on elementary particle physics. The fundamental changes that have taken place in mathematics are also reflected in changes in the logic of corresponding theoretical systems. The lessons of the history of the development of scientific knowledge lead us to deduce that a new class of theoretical systems will be elaborated on the basis of the negation of the logical structures of theories founded upon the present level of knowledge, and by doing so it will transform and enrich them. When we are dealing with relatively closed conceptual systems such as the fundamental theories of physics, we find that these are divided as a rule into the two classes dealt with above. In all other cases, though, our knowledge has, in practice, a semi-empirical and semi-theoretical character. Of course, this does not reduce its importance but it does demonstrate that there are still some obscure areas in the logic of theoretical deduction. Furthermore, all research that is developed in an intensive manner has always a semi-theoretical character. The point of departure for this research is the application of fundamental theories together with a group of new hypotheses to the new field of research. While this kind of research is in progress it is premature to speak of new or complete structures of knowledge from the logical point of view: these do not, in general, characterise the activity of research but are the final result of it.

Having said all this, it is rather difficult and perhaps actually impossible to say in advance which type of 'application' of the modern fundamental theories will lead to a further generalisation of the foundations of physics. It is often said that this elaboration will come as a result of the growth in elementary particle physics. It should, however, be borne in mind that this is not the only possible way it might occur. Another quite widespread belief is that the further generalisation of the foundations of physics will come from work on solid state physics. L. M. Lifšic asserts that « the key approach to research on the foundations of physics » is that on the physics of condensed systems[17]. Alternatively, again, it is sometimes said that further generalisations in physics could emerge when a cohesion with astrophysics, or even biology, has been established.

As we can see, the spectrum of possible evolutions for the fundamental physical concepts is very wide and only the future will tell us which path will actually be followed. The models of the principal logical forms and expressions of knowledge are not self-contained; they describe the profound characteristics of the structure (composition) of the material world. It needs to be emphasised at this point that the study of matter and the principles of its structural organization is the real basis for any scientific conception of the world. The principles of particular (special) scientific theories are inserted into the system of knowledge and receive a further theoretical and philosophical mo-

tivation from the lucid analysis of their relation to the study of the principles of the structural organization of matter. If we consider the history of science, the principles of the structural organization of matter were studied and expressed first of all by atomistic ideas. The theoretical generalisation that is attempted in any scientific discipline, but especially in physics, made its first appearance in the form of this doctrine. Atomistic ideas were the basis for a synthesis of knowledge and this was their original reference point. The development of models with rigidly deterministic structures accompanied the formulation and development of classical newtonian atomism. The elaboration of statistical structures of knowledge has given particular significance to the ideas of chance, independence, and autonomy in the description of the interactions that occur between atoms.

At the present time, studies on the principles of structural organization of matter are paying great attention to the elaboration of general models of directly organised systems, models that are found in the course of research on living systems. During the elaboration of these models, important generalised ideas about modern knowledge, and especially about scientific knowledge, are taking form. Among these ideas we find the concept of levels and their hierarchy, the concept of complexity, autonomy, integrity, finality, effectivity, and so on. General models of directly organised systems seem to be the legitimate heirs of the generalised models that were founded on the basis of probabilistic conceptions.

It is worth noting the fact that practically all sectors of modern science carry contributions to the development of our representations of complex systems and to research methods for investigating these systems. As a result of this, the methods of contemporary science are undergoing modification. Some time ago V. I. Vernadskij described a relation between the penetration of ideas such as probability, inconvertability, symmetry and so on into physics and the penetration of the spirit of biology into physics itself. The development of studies on directly organised systems is stimulated, in the first place, by research on the principal problems of highly organised systems, mainly those relating to their composition and evolution. These problems are, so to say, the crown of contemporary physical science and therefore the principal forms of expression of the knowledge we gather about these problems take on the more important results obtained in the development of all the natural science taken together.

Models of classes and types of scientific theories reflect the deep level we have reached in our understanding of the structural characteristics of matter. The new logical structures of knowledge seem to be more flexible, dynamic and embody more possibilities for faithfully describing nature.

This is what having passed from rigid to statistical structures has taught us. During this passage the structures themselves and the descriptive forms of knowledge have been enriched with characteristics such as levels, independence and autonomy. The development of research on the structure of systems brings about further interesting changes in the formal systems of the description of knowledge.

Ju. V. S.

Translation: T. HAYWOOD - MILANO

BIBLIOGRAPHY

1 J. MAXWELL, *Stat'i i reči* (Articles and Lectures), Moskva, 1968, p. 108.

2 P. D. GOL'BACH, *Izbrannye antireligioznye proizvedenija* (Selected Antireligious Works), Vol. 1, Moskva, 1934, pp. 34-35.

3 M. SMOLUCHOVSKIJ, *O ponjatii slučajnosti i o proischoždenii zakonov verojatnostej v fizike* (On the Concept of Chance and on Physical Manifestations of the Laws of Probability), in Uspechi fizičeskjch nauk, 1927, Vol. 7, V, p. 332.

4 See, for example: M. E. OMEL'JANOVSKIJ, *La dialettica nella fisica contemporanea* (Dialectics in Contemporary physics), in M. E. OMEL'JANOVSKIJ, A. V. FOCK *et al.*, *L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica* (The Materialistic Interpretation of Quantum Mechanics), Feltrinelli, Milano, 1972, p. 269 ff.

5 *Filosofskaja enciklopedija* (Philosophical Encyclopaedia), Moskva, 1970, Vol. 5, p. 33.

6 *Filosofskaja enciklopedija*, cit., p. 34.

7 G. E. UHLENBECK, *Fundamental'nye problemy statisticeskoj mechaniki* (Fundamental Problems of Statistical Mechanics), in Uspechi fizičeskich nauk, 1971, Vol. 103, II, p. 275. See also G. E. UHLENBECK, *Problems of Statistical Physics* in J. MEHRA (ed.), *The Physicist's Conception of Nature*, Dordrecht-Holland, 1973, p. 501.

8 M. LOEVE, *Teorija verojatnostej* (The Theory of Probability), Moskva, 1962, p. 183.

9 See A. Ja. CHINČIN (KHINCHIN), *Matematičeskie osnovanija statističeskoj mechaniki* (Mathematical Foundations of Statistical Mechanics), M.-L., 1943, p. 36.

10 V. VAJSKOPF (WEISSKOPF), *Fizika v dvadcatom stoletii* (Twentieth Century Physics), Moskva, 1977, p. 41.

11 I. M. JAUCH, *The Quantum Probability Calculus*, in *Fundamenta Scientiae*, Seminaire sur le fondements des sciences, No. 27, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1975, pp. 2-3.

12 V. A. FOCK, *Fisica quantistica e problemi filosofici* (Philosophical Problems of Quantum Physics), in M. E. OMEL'JANOVSKIJ, A. V. FOCK *et al.*, *op. cit.*, p. 298.

13 *Ibid.*, p. 299.

14 *Ibid.*, p. 300.

15 L. I. MANDEL'ŠTAM, *Lekcii po optike, teorii otnositel'nosti i kvantovoj mechanike* (Lessons on Optics, the Theory of Relativity and Quantum Mechanics), Moskva, 1972, pp. 332-333.

16 A. V. FOCK, *op. cit.*, p. 298.

17 See also: *Vestnik Akademii nauk SSSR*, 1965, II, p. 34.

Planetary Science: From Underground to Underdog

STEPHEN G. BRUSH
University of Maryland, College Park (USA)

Historians, looking at the science of earlier centuries, generally start with some preconceptions about what kinds of theories and experiments are important enough to merit detailed examination. One such preconception, usually found among scientists when they first become interested in history, is that importance depends on similarity to current science. In recent years historians of science have attempted to avoid the 'present-minded' attitude — the idea that one should concentrate on those events that somehow led to the establishment of today's accepted laws[1]. Indeed, the so-called 'Whig interpretation of the history of science'[2] has been so widely condemned that 'Whiggish' is now a recognized term of disapproval in the profession. To replace Whiggism, there has been an increasing emphasis on understanding the scientific activity of each historical period on its own terms, with due regard to the context of theories and problem-situations.

Nevertheless there still remains a major source of distortion in our historical interpretations, a more general kind of present-mindedness: namely, the influence of the level of importance or prestige that is *now* ascribed to one *area* of science in relation to others, which may be different from the situation in the period we are studying. I want to present here a particular example of this: the so-called *planetary* sciences as contrasted to the so-called *pure* sciences.

By planetary sciences I mean the study of the earth and its atmosphere, and the rest of the solar system (including the sun). By pure sciences I mean the study of those properties of matter and energy that are presumably applicable everywhere in the universe. (As will be seen, 'pure' is often taken to be synonymous with 'fundamental' but for the purposes of this essay I want to reserve a somewhat different meaning for that term.)

I propose the following assertions:

1. During the first half of the 20th century, planetary science was assigned an inferior role so that regardless of how much money might have been available for such research it did not carry the prestige (among scientists themselves) associated with pure areas such as elementary particles, cosmology, or even solid-state physics and molecular biology. As a result,

many competent scientists who might well have made important discoveries in planetary science did not even consider entering this field.
2. Before the 19th century, the situation was quite different: planetary science was regarded as an integral part of science, with as much significance and social status as any other part; as a result, many of the greatest scientists devoted considerable effort to planetary problems.
3. Problems in planetary science frequently provided a stimulus for discoveries in what we now define as pure science; in this paper I will be concerned primarily with examples in the 19th century.
4. During the 19th century the distinction between pure and planetary science (as defined above) began to develop; this was in part due to the inevitable specialization and professionalization of all the sciences that occurred during this period, and is reflected in the initiation of new societies and journals for the planetary sciences. But that is not sufficient to account for the development of scientists' attitudes concerning the relative value or fundamental character of the different disciplines; here one must pay attention to the role of particular scientists and events.
5. The 20th century historian of science has too often accepted the physicists' assumption that planetary science is inferior to pure science, and has allowed this assumption to prejudice his or her interpretation of the science of earlier centuries. This bias has led historians to ask pseudo-questions such as « why were Americans indifferent to basic science during the 19th century? » or « why did a brilliant scientist who was capable of making great discoveries in pure science waste his time on problems in planetary science? ». The wording of such questions implies that planetary science (in which for example, the Americans excelled in the 19th century)[3] is not as worthwhile or 'fundamental' as pure science, or at least has nothing to contribute to it, and therefore is an occupation suited only to second-raters[4]. But in fact many first-rate scientists — first-rate even if judged only on their contributions to pure science — devoted substantial effort to research in planetary science. Historians must make some effort to understand why men like Dalton, Gauss, Kelvin, and Helmholtz thought planetary problems were important, if we hope to get an accurate picture of the history of science before the 20th century. An added benefit of such effort might be to open up some new areas of historical research for a profession that seems to me to have concentrated too much on the 'mainstream' of pure science while neglecting some of the questions that earlier scientists considered crucial.

I UNDERDOG

In this paper I will deal primarily with planetary *physics*, so the evidence for my first assertion comes from an examination of attitudes expressed by modern physicists. I think it is relevant to point out that I used to share these attitudes myself. In my own education in physics in the late 1950's, I was never made aware that planetary physics was part of physics; I

absorbed all the prejudices of the physicists against people who worked in that area, if I ever thought about them at all. Physicists whom I knew as teachers and colleagues would just naturally advise their best students to go into fields like elementary particles, solid state, or cosmology; only someone who wasn't good enough to do 'real' physics would think of going into planetary physics.

I don't recall noticing any marked change in these attitudes during the early 1960's, though I now realize that planetary physics was enjoying a sensational revival at that time, stimulated by the theories of continental drift, observations of sea-floor spreading, and upper-atmosphere experiments made possible by the space program. It was only around 1970, when cutbacks in government funding caused widespread panic and unemployment among scientists and engineers, that physicists began to wonder whether they should look into planetary science, on the assumption that money might be available for 'environmental' research.

In September 1970, Freeman Dyson, a well-known mathematical physicist at the Princeton Institute for Advanced Study, published an article on « The Future of Physics » in *Physics Today*. In his discussion of new areas to which physicists might turn he mentioned the study of 'activated sludge' as an example of a problem to be solved in the 'environmental field' but warned his reader that « he should not expect that what he does in the environmental field will be mainly physics. If he is any good, he will use his physics only as a cultural background in thinking about problems that are primarily chemical, biological or political in nature. Accordingly I think it would be a mistake for a physics department of a university to become heavily involved in environmental work ». This was as close as Dyson came to saying anything about planetary science as a subject that might be of interest to physicists[5].

As it happened, the same issue of *Phisics Today* carried a book review by Fred Wilson, who recalled: « An oral examination question attributed to Enrico Fermi is 'How much energy is dissipated in a bolt of lightening?'. The reaction of most examiners would be stark panic because most physics students learn little or nothing about the physics of their environment. This is particularly sad because many advances in physics were intimately connected with the development of meteorological instruments »[6].

The following February, physicist H. R. Crane wrote on « Opportunities in Geophysics » in the same journal; he suggested that the job crisis might force physicists to look to the earth sciences for employment but admitted that it would be distasteful for his readers to push themselves into an 'applied science'. Nevertheless, « it will be up to physicists to recultivate geophysics and other areas of opportunities after having neglected them for a generation. Recultivation may require changes in the curriculum and research experience, perhaps reaching down into the physics-major program »[7]. The clear implication was that, had it not been for the pressures of the marketplace, no respectable physicist would dream of getting involved in this field.

More recently, in response to some of my own preliminary explorations of the connections between pure and planetary sciences, I have elicited some frank opinions which the authors would probably prefer not to have publicly attributed to them: [*Scientist A*] « 'Earth and Planetary Science' today is the 'social science' among the real sciences. It is having a great go with the money, like the 'interdisciplinary X' of a decade ago, and 'aerospace' two decades ago. It is wonderful for deans and all those who didn't make the grade in some science or other ».
[*Scientist B*] « The real division is between 'analytical scientists' and 'collectors of data'. Then (19th century) as now the former tended to look down on the latter, for they alone were in full control of their medium, knowing fairly well not only their tools but also the exact aims which they were pursuing. The poor data collectors, on the other hand — classifying their fauna and flora, cloud and wind patterns, geological strata and whatnot — hardly ever had a clear concept of what they were after, and therefore rarely managed to extract ideas from their findings ... ».
Scientist B's dichotomy between analytical scientists and data collectors is quite pertinent to my theme here; I would argue that in principle there is room for both types of worker in any discipline, but that since the 19th century, analytical scientists have largely deserted planetary science; why have they done so?
The other aspect brought out by *Scientist A* is the feeling that planetary-science boondoggles in the past decade or two have wasted enormous amounts of money that could better have been spent on pure science. Projects like manned exploration of the moon have been criticized as publicity stunts in which little scientific knowledge was gained that could not have been gleaned much more cheaply (and with less risk to human life) by unmanned probes. Science journalists such as Daniel Greenberg have pilloried undertakings like Project Mohole as expensive fiascos that should never have been taken seriously in the first place[8].
When the 'Physics Survey Committee' of the National Academy of Sciences published a report in 1966 for the purpose of extracting more money from the government they were very careful to exclude planetary physics from their definition of physics, although they were willing to include related areas of astronomy, chemistry, and engineering[9]. I interpret this as a message that the planetary sciences have already gotten more money than they deserve from the government — if the government gives them any more it should not be under the illusion that it is supporting pure science by doing so!
In the last few years proponents of pure physics, especially the study of elementary particles, have found it necessary to produce more explicit justifications for the continued funding of their research in the face of its lack of immediate practical applications. Whereas Alvin Weinberg had suggested that 'fundamentality' is correlated with 'relevance to neighbouring areas of science', Michael J. Moravcsik argues that fundamental science is that which can « penetrate deeper in the fundamentalist

structure of natural laws » and simplify their formulation « by getting closer to the few basic cornerstones presumably underlying all of nature ». He suggested that « laws of science are the more fundamental the more remote they are from our direct everyday experience. By this I mean that they pertain to parts of nature which are in as different a range of the physical parameters from our own everyday life as possible. Thus, laws governing very small and very large distances, very short and very long times, very low and very high temperatures, etc. are suggested to be more fundamental than those which hold in the ranges of these variables which we happen to live in »[10].

I think Moravcsik's conception of fundamentality reflects quite accurately the views of many physicists in the first half of the 20th century; and that this conception was partly responsible for the low esteem in which planetary science was held during that period.

II MOVING THROUGH SPACE

Which is the most fundamental and important of the sciences? Nicolaus Copernicus, opening Book One of his *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543) had no doubts about the answer to that question: « Among the many and varied literary and artistic studies upon which the natural talents of man are nourished, I think that those above all should be embraced and pursued with the most loving care which have to do with things that are very beautiful and very worthy of knowledge. Such studies are those which deal with the godlike circular movements of the world and the course of the stars, their magnitudes, distances, rising and settings, and the causes of the other appearances in the heavens; and which finally explicate the whole form. For what could be more beautiful than the heavens which contain all beautiful things... So if the worth of the arts were measured by the matter with which they deal, this art — which some call astronomy, others astrology, and many of the ancients the consummation of mathematics — would be by far the most outstanding »[11].

So far Copernicus was in agreement with Aristotle and other Greek philosophers who regarded the heavens as the home of eternal perfection, in contrast with the earth which is afflicted with ignoble transient phenomena — generation and corruption. But Copernicus argued that the earth too is a perfect sphere and participates in the « godlike circular movements » of the planets and stars. As a result of his work, the most fundamental scientific problem of the 17th century was to find the laws governing the motion of the earth, moon, and planets.

For Isaac Newton, the goal of fundamental science was to discover the « mathematical principles of natural philosophy » and to investigate the « forces of nature »[12]. This could best be accomplished by analyzing the phenomena of planetary motion and the physical properties of the earth. The success of Newton and his 18th-century followers in explaining the deviations of the moon and planets from Kepler's laws, and in predicting

events such as the return of Halley's comet, was a major factor in establishing Newton's laws as the basis for all of physical science. Moreover, the confirmation of Newton's claim that the earth is an oblate rather than a prolate spheroid, by measurements of the length of a degree of latitude near the pole and near the equator, has often been considered a 'crucial experiment' that persuaded the few remaining adherents of Cartesian physics to switch to the Newtonian philosophy in the middle of the 18th century[13].

About this time, problems in planetary physics began to motivate mathematical research, especially in differential equations. An early leader in this field was d'Alembert, whose 1746 prize essay on winds has been called « one of the first attempts to make consistent use of partial differential equations »[14]. Calculational techniques for celestial mechanics were developed by Clairaut, Euler, and Lagrange, culminating in the work of Laplace at the end of the 18th century. The use of spherical harmonics in potential theory (subsequently found to be of great value in electricity, magnetism, and later in quantum mechanics) was originated by Legendre and Laplace in connection with the problem of calculating the gravitational attraction of the earth. Planetary mechanics inspired major contributions to mathematical analysis throughout the 19th century, notably by Henri Poincaré.

A few scientists began to express the view that the discoveries in mathematics or pure science generated by research in planetary science were more significant than the planetary problems themselves. This attitude emerged in the controversy between d'Alembert and Clairaut over the prediction of the return of Halley's comet in 1759: for d'Alembert, «the mathematical theory could be the only accomplishment of real value» yet the public, and many astronomers, gave Clairaut more credit for carrying through the actual calculations[15].

Gauss, often called one of the world's greatest mathematicians, devoted much of his time to field work and numerical calculations connected with geodetic surveys and terrestrial magnetism. His biographer Tord Hall reported that « many devotees of mathematics and mathematical physics have complained that Gauss devoted too much time » to these activities. Gauss even admitted, in a letter to Bessel, that « All of the measurements in the world do not outweigh one theorem by which the science of eternal truths is really carried forward. However you must not judge on the absolute, but on the relative value »[16].

Even an advocate of pure science might concede that Gauss's geophysical work provided the stimulus for some of his contributions to geometry and potential theory, just as his early work on the computation of orbits led to a major contribution to probability theory, the 'Gaussian distribution', and could thereby be justified. But the assumption that Gauss himself always had such 'higher' goals in mind is probably responsible for creating one of the more remarkable myths in the history of science, the story that Gauss tried to determine by observation whether physical space is

non-Euclidean. Gauss measured the angles between the sides of a triangle formed by three mountain peaks, as part of a geodetic survey; one often reads that the purpose of this measurement was to see whether the sum of the angles is different from 180° and thus to see if space is 'curved'. But, as Arthur Miller recently pointed out, Gauss was not trying to measure the curvature of space in the sense of non-Euclidean geometry, but was simply studying a three-dimensional surface which we already know is curved in Euclidean space: the earth[17].

Humboldt, in the middle of the 19th century, also seemed to be denigrating the intrinsic value of geodesy when he wrote that « the history of science presents no problem in which the object obtained — the knowledge of the compression of the irregular form of our planet — is so far exceeded in importance by the incidental gain which has accrued through a long and weary course of investigation, in the general furtherance and improvement of the mathematical and astronomical sciences »[18].

If scientists really believed that problems in pure science are more important than those in planetary science, why did they so often start by working on the latter rather than the former? This question deserves more thorough consideration than I can give it here, but there is no doubt that planetary problems attracted the early attention of young men and women who later became better known for their contributions to chemistry and physics. Lavoisier had « a lifelong interest in geology and developed some original notions of stratigraphy »; he was advised to study chemistry as an 'ancillary science' to geology and mineralogy[19]. Whether his early geological work had a specific influence on his later discoveries in chemistry has not yet been established[20]. There probably was such an influence in the case of Beguyer de Chancourtois, the French geologist who is considered the first (though partial) discoverer of the periodic system of elements; he was attempting to develop an overview of all the constituents of the earth's crust[21].

A better-known link between planetary and pure science is James Clerk Maxwell's theory of the interactions of streams of particles. A prize essay competition at Cambridge University had been established in honor of the astronomer John Couch Adams, and the topic for 1856 was the stability of the rings of Saturn[22]. Maxwell won the Adams Prize with an essay in which he analyzed the behavior of the rings to be expected if they are solid, fluid, or composed of small solid particles. From this research Maxwell turned to the closely-related kinetic theory of gas viscosity, and eventually developed the modern theory of transport processes in 1866[23]. Since Maxwell is not known for any later contributions to planetary science, one might surmise that he turned his back on this field and devoted himself to pure science. However, examination of Maxwell's manuscripts shows that he did in fact return to the problem of Saturn's rings and improve his analysis with the help of the methods he had developed in the kinetic theory of gases, though apparently he did not consider the results worthy of publication.

The nature of the upper atmosphere was of interest to many scientists in the 17th and 18th centuries. John Dalton's earliest scientific work was a treatise on *Meteorology*, and he became interested in the problem of why oxygen and nitrogen remain mixed in constant proportions in the atmosphere despite their difference in density. He guessed that it had something to do with the differences in sizes or weights of the atoms of different elements, and was then led to investigate chemical methods for determining such differences. The end result of this line of research was the chemical atomic theory[24].

By 1800, the refraction of starlight by the earth's atmosphere had been recognized as an important factor in the possible accuracy of astronomical observations. This was probably one reason why Laplace added a section on gas theory to his treatise on celestial mechanics, and he may have encouraged his colleagues like Gay-Lussac to make experimental studies of gas properties for the same reason[25]. Gay-Lussac is of course best known for his discovery of the laws of thermal expansion and combining volumes of gases.

For astronomy it was important to know how the density of air varies with height above the earth's surface, and this problem was connected with the problem of how temperature varies with height. Throughout most of the 19th century, the available data suggested that there is a uniform linear decrease of temperature with height[26]. Such a simple empirical law cried out for a simple theoretical explanation, and the pioneers of the kinetic theory of gases — John Herapath and J. J. Waterston — tried to give one[27]. This might have turned out to be one of the successful applications of the kinetic-molecular theory of matter, establishing another link between pure science and planetary science. Instead, it was found that both the observational data and the theoretical arguments were misleading. Maxwell and Boltzmann showed that the equilibrium state of a vertical column of gas is characterized by uniform temperature throughout; gravity by itself (in the absence of any heat source at the top or bottom of the column) cannot produce a temperature gradient[28]. Some years later, around 1900, balloon experiments at higher altitudes showed that the temperature of the atmosphere does not continue to decrease with height but actually increases in some regions[29]. The eventual convergence of theory and observation came too late to have any significant effect on the main lines of development of either pure or planetary science.

A problem that turned out to be extremely significant for pure physics in the late 19th century was the dependence of thermal radiation on the temperature of its source. For planetary science the sun is of course the most important such source. Yielding a plausible estimate of the *temperature of the sun* was one of the criteria used to evaluate radiation laws in the 19th century. Dulong and Petit, in 1817, proposed an exponential law for the rate of heat loss by a hot body, as a replacement for Newton's law of cooling. Their law was supported by impressive experimental evi-

dence, and was generally accepted for the next 50 years. However, it was eventually rejected because estimates of the temperature of the sun based on it led to an absurdly low value (about 1400°). Because a number of physicists took an interest in determining the temperature of the sun (and in the related problem of the transmission and absorption of radiant heat by the earth's atmosphere), new experiments on the radiation law were undertaken. The outcome was Stefan's suggestion (1879) that the data could best be represented by assuming that the rate of emission of energy is proportional to the 4th power of the absolute temperature. With the aid of further experiments and Boltzmann's theoretical derivation of this law (1884), the T^4 formula was established, and played a role in the subsequent search for the law governing the frequency-distribution of black-body radiation (and thus in the genesis of Planck's quantum theory)[30].

In addition to the establishment of new laws of nature and new physical theories of matter and energy, the 19th century saw the development of powerful *mathematical techniques* which now seem essential to any research in modern theoretical physics. This is a topic which seems to have been generally ignored by most historians of science, except for the few who have special interest and competence in mathematics, and such competence is not always coupled with familiarity with the 19th century scientific problems that may have stimulated the mathematical work. Yet it is clear that in many cases the same people who developed the theory of differential equations, probability theory, potential theory, and similar subjects — Laplace, Fourier, Gauss, Kelvin, Helmholtz, and Poincaré — were also doing research in theoretical geophysics, terrestrial magnetism, planetary orbits, and meteorology. Must we assume that these men kept a mental compartment labeled 'pure science' completely separate from others marked 'applied science' or 'planetary science'?

III UNDERGROUND

With these and other examples of fruitful interactions between planetary and pure science in mind, one may well ask they should have become separated, and why the idea should have arisen that the planetary sciences are not as important as the pure sciences.

The process of separation can be studied on a quantitative basis by examining the distribution of research papers in specialized as opposed to general-science or general-physical-science journals. It can also be analyzed in the bibliographies of selected major scientists, by asking what role research in the planetary sciences played in their entire output. But there is obviously a more subjective aspect involved in the development of scientists' attitudes concerning the relative value or fundamental character of the different disciplines. Although further research may well change this assessment, I now see William Thomson (later 'Lord Kelvin') as a

key figure, both in exemplifying the close connection between planetary science and pure science in the 19th century, and in helping the latter to acquire a position of dominance over the former by the beginning of the 20th century. Thomson attacked the geologists on two key issues: the age of the earth (including its earlier thermal state) and the present physical condition of its interior. In both cases he argued that when geological doctrines conflict with physical theory, the former must give way to the latter. Even though Thomson's particular conclusions about the earth were later revised, in a fashion somewhat more compatible with geological evidence, his *methodological principle* of the superiority of physics to geology was eventually accepted by the geologists themselves, and is no longer challenged even by those who believe that geological *problems* are the most interesting to study.

It was Thomson who told the Glasgow Geological Society in 1868 that « A great reform in geological speculation seems now to have become necessary... it is quite certain that a great mistake has been made — that British popular geology at the present time is in direct opposition to the principles of Natural Philosophy »[31]. The geologists had not taken account of the laws of heat conduction and thermodynamics in their theories of the history of the earth. When T. H. Huxley proposed to defend the geologists while admitting that Thomson's criticism « involves the consideration of matters quite foreign to the pursuits with which I am ordinarily occupied »[32], Thomson retorted that « the very root of the evil to which I object is that so many geologists are contented to regard the general principles of natural philosophy, and their application to terrestrial physics, as matters quite foreign to their ordinary pursuits »[33]. Thomson's colleague P. G. Tait joined in the attack, saying that geologists who refused to accept results based on physics were guilty of attitudes similar to « those most objectionable theories and practices of the Trades-Unionists which have recently been held up to public execration... This sort of thing won't do in Science, and the sooner scientific men of every species recognise the fact the better ». But Tait did not mean that the practitioners of each science had the same obligation to pay attention to what their neighbors said; some sciences are more fundamental than others, and in particular « mathematics are indispensable to the complete development of every real science »[34].

One point at issue between Thomson and the geologists was the age of the earth, which Thomson claimed was limited to about a hundred million years or less by his calculations on heat conduction. Of course this problem had long been of general interest, and the geologists could hardly claim that they had an exclusive right to consider it; in fact, one of the methodological principles of many 19th-century geologists was to *abstain* from speculation about the origin of the earth, and to deal only with its later development[35]. They simply took the age of the earth as an indefinitely long time whose magnitude could not be determined by geological investigation alone.

The theory that the earth was initially formed in a hot fluid state, then gradually cooled down but is still fairly hot inside, became popular late in the 18th century. After Laplace proposed that the solar system had been formed from the primitive extended atmosphere of the sun — a theory later known as the 'nebular hypothesis' — there seemed to be a natural connection between cosmology and geology. Evidence for the formation of rocks by igneous agency, and for the continued existence of a hot fluid nucleus underneath the earth's crust, was interpreted as evidence for the nebular hypothesis, and conversely[36].

The second point at issue was thus directly connected to the first: the geologists believed that the earth now has only a relatively thin crust (perhaps 30 to 50 miles thick), beneath which is a hot liquid interior. In this way they could explain volcanos, earthquakes, and the formation of mountain chains, by motions of the interior and slow contraction of the crust.

The problem of heat flow within the earth and out into space was the primary (or at least the explicitly stated) motivation for J. B. J. Fourier's famous theory of heat conduction (1807-25)[37]. Fourier, Poisson, and Laplace applied the theory of heat conduction to such questions as: what is the temperature of space? How are temperature variations near the surface of the earth related to the temperature at the center and to the thermal history of the earth? Would the contraction of the earth's crust caused by its cooling produce an effect on the rate of the earth's rotation? Has the earth passed through regions of space hotter than its present location?

In the 1840's William Hopkins at Cambridge University made a careful study of the problem of the fluidity of the interior of the earth; he showed that this problem could be related on the one hand to the precession and nutation of the moon in its orbit, and on the other hand to the effect of pressure on the melting points of various substances inside the earth. Thus high-pressure physical chemistry (as well as celestial dynamics) was stimulated by the question: would a hot liquid proto-earth in cool space solidify first at the outside (where the temperature will be lower) or at the center (where the pressure will be higher)? Hopkins argued that in any case the earth must have a solid crust at least several hundred or a thousand miles thick, contrary to the prevailing notions of geologists.

William Thomson claimed to be able to put an upper limit on the age of the earth as a solid object by analyzing the rate of heat loss from the earth and sun. Since his estimate, on the order of 100 million years, was less than that mentioned by Darwin as a possible geological time-scale in the *Origin of Species* (1859), Thomson asserted that both the prevailing geological theories and Darwin's theory of evolution were contradicted by the laws of physics.

Reinforcing William Hopkins' arguments against the geological theory of a thin solid crust surrounding a fluid nucleus, Thomson pointed out that such a fluid nucleus would be affected by the same forces that raise

tides in the ocean. A thin crust would move up and down with the tides, and we would notice little or no *relative* motion of the oceans with respect to the crust — even if, as seemed implausible, the crust could hold together under such forces. Thomson concluded that the entire earth is solid, and has a rigidity comparable to that of steel.

Regardless of the fate of Thomson's geophysical propositions, we must acknowledge that his interest in the cooling of the earth was partly responsible for his enunciation of the Principle of Dissipation of Energy (generalized Second Law of Thermodynamics) in 1852. This seems to be a clearcut case of a fundamental result in pure physics emerging from studies in planetary physics. Of course, Carnot's theory of the efficiency of steam engines was also involved in the formulation of the Second Law of Thermodynamics, and is needed to cover situations in which energy is changed from one form to another. But for many years the simplest and most frequently cited example of an 'irreversible process' was the flow of heat from high to low temperatures — and even in Carnot's theory it is this process that makes real engines less efficient than ideal ('reversible') ones.

If we accept the claim that the principle of Dissipation of Energy was based at least in part on 19th-century studies of the secular cooling of the earth, we must then explain why this connection is never mentioned in accounts of the history of modern physics — or for that matter in accounts of the history of geology. My suggestion is that historians have accepted the 20th-century physicist's definition of the scope of his subject, which excludes planetary physics from the mainstream of pure physics. From the viewpoint of the modern geologist, on the other hand, the debate about the cooling of the earth was largely an exercise in futility since it was based on incorrect assumptions, and it did not have any fruitful impact on the growth of 20th-century theories; hence Fourier and Kelvin are hardly ever mentioned in recent works on the history of geology. I think this situation is changing now as historians begin to look at 19th-century physics and geology as part of 19th-century science rather than as separate segments of the History of Physics or the History of Geology. My concern here is with the impact of the debates about the age and internal state of the earth on the 20th-century relations between physics and geology. What is remarkable is *not* that there should have been disputes on problems overlapping two areas of science but that *the geologists themselves* (despite the protests of Huxley and a few others) *largely accepted Thomson's contention that geological evidence must give way to physical arguments whenever they disagree.* Even after subsequent discoveries in physics (radioactive heat generation in the earth's crust, and radioactive dating) showed that Thomson's age estimates had been based on incorrect assumptions, the geologists still did not abandon their subservience to physics. Any physical method of obtaining geological information seems to take precedence over any geological method. Of course, there were a few geologists like Joseph Barrell who would not accept this

principle; Barrell cautioned in 1916 that « After the one experience in the fallibility of physical argument notwithstanding its mathematical character, it would certainly be unwise for geologists to accept unreservedly the new and larger measurements of time given by radioactivity. There may be here, also, factors undetected and unsuspected which vitiate the results »[38].

But the dominant 20th-century viewpoint seems to be that expressed by David Kitts: « Almost all geologists proceed as if every geologic statement either has now, or eventually will have, its roots in physical-chemical theory, Geologic theory is modified to accommodate physical-chemical theory and never conversely... »[39].

More recently the same author has asserted that in the « mainstream of geological thought... no one would hesitate over the choice » between geological inference and « basic and fundamental » science[40]. There is never even any question of « testing » the laws of physics against geological observation[41].

A modern historian of science, Leonard Wilson, has given this assessment of the consequences of the geologists' capitulation to physics: « Kelvin deemed mere geological evidence of little value and to a surprising degree geologists were prepared to acquiesce in his judgment... [Despite Rutherford's refutation of Kelvin by radioactive evidence] The damage done to geology during the period from 1865 to 1903 was not to be so quickly remedied. A whole generation of geologists had grown up uncertain of their principles in theoretical geology. Lyell had been discredited, at least so far as the rate and intensity of geological causes were concerned, and geologists felt free to invoke catastrophic explanations of past events ... The influence of Lord Kelvin on geological thought over the past century remains profound and will not easily be erased. One of its consequences has been to obscure the historical significance of Charles Lyell and his concept of the uniformity of nature »[42].

As for the internal state of the earth, Kelvin's doctrine of complete solidity was so generally accepted (at least among British and American scientists) that all evidence of fluidity and mobility was brushed aside during the first two decades of the 20th century. Even though R.D. Oldham in 1906 and B. Gutenberg in 1914 found evidence for a non-rigid core in seismic data, they hesitated to say explicitly that the core is 'liquid' and that interpretation was not adopted until around 1926. The reluctance of many scientists to accept Wegener's theory of continental drift was due in part to Kelvin's 'proof' that the earth is a rigid solid; as Oldham recalled in 1923, « I can remember that when I started as a geologist the idea was not unknown that a good deal of geological evidence was, at any rate, not inconsistent with the notion that the continents have not always occupied the positions on the surface of the globe which they do now. But also I can remember very well that in those days it was unsafe for anyone to advocate an idea of that sort. The physicists, who before that had forced on us the notion of a fiery globe with a molten

interior and thin crust on it, had gone round and insisted on a solid heated sphere, and they would allow us to appeal to nothing, as the cause for various structures and changes that we knew in geology, but the slow cooling and contraction of this solid globe, and any notion of the shifting of continents was incompatible with that theory. Those ideas held the ground so strongly that it was more than any man who valued his reputation for scientific sanity ought to venture on to advocate anything like this theory that Wegener has nowadays been able to put forward »[43]. Despite occasional triumphs such as the geologist T. C. Chamberlin's theory of the origin of the solar system[44] and a few inspirational messages such as Lewis Bauer's 'Plea for Terrestrial and Cosmical Physics'[45], the decline of planetary physics was accelerated by the flowering of atomic physics in the first decades of the 20th century. The fact that physicists had reached a grossly inaccurate conclusion about the age of the earth during the previous century, and a somewhat exaggerated notion of its solidity, was of little significance compared with the fact that they had now acquired very powerful experimental tools and theoretical techniques which could be used to investigate these and many other problems. Lacking their own reliable methods the geologists either had to learn physics or waste their time in sterile controversy and data-collecting.

While I have not yet looked in detail at the profession of geology in the 20th century and therefore cannot make any very definite statements about why it (and the planetary sciences in general) lost so much prestige within the scientific community, some confirmation of the overall picture is given in the very interesting book recently published by Henry Menard[46]. According to Menard, geology was moribund during the period from about 1860 to about 1940 because it lacked the techniques needed to solve its important problems. « The pioneers of the nineteenth century identified big problems and, if they were solvable with the available tools, they solved them. The geologists who followed, presumably equally energetic and intelligent, were inevitably doomed to working on trivia until new tools were forged »[47]. Geologists in the 20th century became accustomed to carrying on interminable controversies about problems they were unable to solve. Taking geology in this period as a paradigm of 'dormant science', Menard notes that « The English deteriorates as concern with style grows. Jargon flourishes. An increasing fraction is literature of literature and bibliographies grow longer, and citations grow older »[48]. These are statements he has attempted to document at least in part by extensive statistical analysis. He also says that the publication time grew longer, from two or three months after receipt of a manuscript in 1890 to 18 months in 1950 for the *Bulletin of the Geological Society of America*. The International Geological Congress demanded abstracts of papers two years in advance of meetings. The result of all this bureaucratic inertia was that when the revival did come in the earth sciences, the new practitioners refused to be called 'geologists' but instead organized various hyphenated disciplines.

IV COMING UP?

Since 1970 the situation has begun to change, as plate tectonics and other aspects of the new 'revolution in the earth sciences' began to attract public as well as scientific attention. In 1972, UCLA geophysicist Leon Knopoff summarized what had happened: « A century ago geology — under the impact of the theory of evolution, the statement of the principles of stratigraphy and widespread exploration — was perhaps the most exciting area of science. With passing years, geological activities were overshadowed by dramatic discoveries in chemistry, physics, biology, and astronomy. The recent new discoveries relating to the solid earth: *i*) put earth sciences once again in the forefront; *ii*) unified previously diverse fields of geology and geophysics; and *iii*) greatly enhanced the morale of geologists and geophysicists. The new excitement in the earth sciences is attracting many talented young people into this complex but highly important area of science »[49].

Physicists have slowly changed their attitudes. In 1971 the American Institute of Physics accepted the American Geophysical Union as an affiliated society[50]. In 1973 Philip Morse, retiring president of the American Physical Society, asked « Is Physics too ingrown? ». He recited with evident disapproval an anecdote about a young Ph. D. physicist who joined a geophysics research company and was later greeted by the head of his old department as « the young man who has sold his soul to the devil ». Morse called the physics of the earth a « wide-open field » and pointed to the problem of the atmosphere as one that might be worth considering: « There are, of course, many competent meteorologists working on the problem, but an injection of physicists with a fresh point of view just might crack it open »[51]. The motivation for physicists to go into planetary science was more than economic necessity; some of it was captured in the following inspirational remarks by Athelstan Spilhaus: many scientists, he wrote in 1974, « became geophysicists without ever being conscious of the transition. A physicist studying phase equilibria at high pressure learns one day that he is working with materials possibly similar to the composition of the interior of the Earth. As he works with geologists and geophysicists to develop models of what we have not yet sampled, he is continuously drawn by the fascination of Earth's secrets into a total commitment to geoscience . . . The need for collaboration among individuals, among disciplines and among countries is a fundamental characteristic of geophysics that in a sense sets it above the basic sciences and gives it a unique flavor of excitement through accomplishment even when progress appears stalled»[52].

But the revival of planetary science depends also on a change of attitude about what is 'fundamental' — i.e., important and worth devoting one's maximum efforts to. As long as we equate fundamental to 'pure' — i.e. valid at all times and places rather than for this planet at this epoch in the history of the universe — planetary science will continue to be

downgraded. One of the benefits of studying the history of science is the discovery that the definition of fundamental is itself dependent on time and place; the notion that knowledge of the earth is less important than knowledge of the stars or the atoms has not always been accepted in the past, and need not be in the future.

S. G. B.

ACKNOWLEDGMENTS

This article is based in part on a paper prepared for presentation at the Hunt Foundation workshop on « The Place of the Geophysical Sciences in 19th-Century Natural Philosophy » (Pittsburgh, 1974), and published with revisions as a chapter in my book The Temperature of History *(1978). These portions are used here by permission of the publisher, Burt Franklin, New York. My research on this subject has been supported by the National Science Foundation and the National Aeronautics and Space Administration.*

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 For examples of current views of historians of science see T. S. KUHN, *The History of Science*, in International Encyclopedia of the Social Sciences, Vol. 14, pp. 74-83, Macmillan, 1968; A. R. HALL, *Can the History of Science be History?*, in The British Journal for the History of Science, Vol. 4, 1969, pp. 207-220.

2 The term is adapted from H. BUTTERFIELD, *The Whig Interpretation of History*, Bell, 1931.

3 On the superiority of geology to physics in 19th-century America see D. J. KEVLES, *The Physicists*, Knopf, 1978, pp. 37-38.

4 Deprecating remarks about planetary sciences (as being 'merely descriptive rather than fundamental') may be found in articles by H. S. MILLER, *Scientific Endeavor in a Democratic Context*, in Science, Vol. 174, 1971, pp. 396-397; S. COBEN, *The Scientific Establishment and the Transmission of Quantum Mechanics to the United States, 1919-1932*, in American Historical Review, Vol. 76, 1971, pp. 442-466; R. V. BRUCE, *A Statistical Profile of American Scientists, 1846-1876*, in G. H. DANIELS (ed.), *Nineteenth-Century American Science*, Northwestern University Press, 1972, pp. 63-94 (see pp. 69-70).

5 F. J. DYSON, *The Future of Physics*, in Physics Today, Vol. 23, n. 9, September 1970, pp. 23-28.

6 F. L. WILSON, Review of *Invention of the Meteorological Instruments* (by Middleton), in Physics Today, Vol. 23, n. 9, September 1970, p. 53.

7 H. R. CRANE, *Opportunities in Geophysics*, in Physics Today, Vol. 24, n. 2, February 1971, pp. 23-26 (p. 26).

8 D. S. GREENBERG, *The Politics of Pure Science*, New American Library, 1967, chap. IX.

9 PHYSICS SURVEY COMMITTEE, *Physics: Survey and Outlook*, National Academy of Sciences - National Research Council, 1966; see the 'letter of transmittal'.

10 M. J. MORAVCSIK, *A Refinement of Extrinsic Criteria for Scientific Choice*, in Research Policy, Vol. 3, 1974, pp. 88-97. For the alternative definition quoted above see A. WEINBERG, *Criteria for Scientific Choice*, in Minerva, Vol. 1, 1963, pp. 159-171.

11 N. COPERNICUS, *On the Revolution of the Heavenly Spheres*, translated by C. G. Wallis, in *Great Books of the Western World*, Vol. 16, Encyclopedia Britannica, Inc., 1939, p. 510.

12 I. NEWTON, *Principia*, Motte's translation revised by Cajori, University of California Press, 1934, p. XVII.

13 T. B. JONES, *The Figure of the Earth*, Coronado Press, 1967, p. 12; H. BROWN, *Science and the Human Comedy*, University of Toronto Press, 1976, chap. 8.

14 T. L. HANKINS, *Jean d'Alembert, Science and the Enlightenment*, Clarendon Press, 1970, p. 46.

15 *Ibid.*, p. 42.

16 T. HALL, *Carl Friedrich Gauss*, MIT Press, 1970, p. 90.

17 A. I. MILLER, *The Myth of Gauss' Experiment on the Euclidean Nature of Physical Space*, in Isis, Vol. 63, 1972, pp. 345-348.

18 A. V. HUMBOLDT, *Cosmos*, translated by E. C. Otté, London, 1884, p. 157.

19 H. GUERLAC, *Lavoisier, Antoine-Laurent*, in *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. VIII, Scribner's Sons, 1973, pp. 66-91 (pp. 66, 68).

20 R. SIEGFRIED, *Lavoisier's View of the Gaseous State and Its Early Application to Pneumatic Chemistry*, in Isis, Vol. 63, 1972, pp. 59-78.

21 J. J. VAN SPRONSEN, *The Periodic System of Chemical Elements: History of the First Hundred Years*, American Elsevier, 1969.

22 Ironically that topic was selected by James Challis, the astronomer whose obtuseness is blamed for Adams' failure to get the credit for the discovery of Neptune.

23 *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, Cambridge University Press, 1890. For evidence of the connection between the Saturn's rings problem and gas viscosity in Maxwell's thinking, see his letters to P. G. Tait (21 November 1857) and to G. G. Stokes (7 September 1858); these and other related materials will be published in a forthcoming book on Maxwell's letters and manuscripts edited by S. G. Brush, C. W. F. Everitt and E. W. Garber. Maxwell's Saturnian model inspired some of the atomic models in the early 20th-century, especially that of H. Nagaoka. More generally the 19th-century development of dynamical theory for the purpose of analyzing planetary orbits was valuable to the formulation of quantum theory; see M. JAMMER, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, Mc Graw-Hill, 1966, pp. 101-103, 215-217; J. L. HEILBRON, *Lectures on the History of Atomic*

Physics 1900-1922, in C. WEINER (ed.), *History of Twentieth Century Physics*, Società Italiana di Fisica - Academic Press, 1977, pp. 40-108 (pp. 57-58).

24 Cf. A. THACKRAY, *John Dalton: Critical Assessments of his Life and Work*, Harvard University Press, 1972, pp. 64-88; G. MANLEY, *Dalton's Accomplishments in Meteorology*, in D. S. L. CARDWELL (ed.), *John Dalton and the Progress of Science*, Barnes & Noble, 1968, pp. 140-158.

25 R. FOX, *The Caloric Theory of Gases from Lavoisier to Regnault*, Clarendon Press, 1971, p. 71. P. S. DE LAPLACE, *Celestial Mechanics*, translated by N. Bowditch, Chelsea, 1966, Vol. 4, p. 527.

26 J. DALTON, *Meteorological Observations and Essays*, second edition, Baldwin & Craddock, 1834, p. 76. H. W. DOVE and L. MOSER, *Repertorium der Physik*, Veit & Comp., 1837-1849, Vol. III, pp. 330-339. J. F. W. HERSCHEL, *Meteorology, from the Encyclopedia Britannica*, Black, 1861, pp. 22f.

27 J. HERAPATH, *Sir H. Davy and Mr. Herapath*, in The Times, 10 January 1826, p. 3; *Fall of Temperature in Ascending the Atmosphere*, in Railway Magazine (new series), Vol. 1, 1836, p. 19; *Mathematical Physics*, Whittaker & Co., and Herapath's Railway Journal Office, 1847; Johnson Reprint, 1972, Book III, Sect. IV. J. J. WATERSTON, *On the Physics of Media that are Composed of Free and Perfectly Elastic Molecules in a State of Motion*, in Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 183A, 1893 (read 1845), pp. 5-79, Sect. V.

28 S. G. BRUSH, *The Kind of Motion We Call Heat*, North-Holland, 1976, pp. 347-351.

29 K. SCHNEIDER-CARIUS, *Wetterkunde Wetterforschung*, Verlag Karl Alber, 1955, pp. 308-309. A. KH. KHRGIAN, *Meteorology: A Historical Survey*, second edition, Israel Program for Scientific Translations, 1970, Vol. 1, pp. 282-285.

30 S. G. BRUSH, *The Kind of Motion We Call Heat*, chap. 13.

31 W. THOMSON, *On Geological Time*, in Transactions of the Geological Society of Glasgow, Vol. 3, 1868, pp. 1-28, quoted from his *Popular Lectures and Addresses*, second edition, Macmillan, 1894, Vol. 2, pp. 10, 44.

32 T. H. HUXLEY, *Anniversary Address of the President*, in Quarterly Journal of the Geological Society of London, Vol. 25, 1869, pp. XXVIII-LIII, quoted from his *Discourses Biological and Geological, Essays*, Appleton, 1896, Vol. 8, p. 306.

33 W. THOMSON, *Of Geological Dynamics*, in Transactions of the Geological Society of Glasgow, Vol. 3, 1871, pp. 215-238; quoted from his *Popular Lectures and Addresses*, Vol. 2, pp. 74-75.

34 P. G. TAIT, *Geological Time*, in North British Review, Vol. 50, 1869, pp. 406-439 (pp. 407, 408, 409).

35 R. PORTER, *The Making of Geology*, Cambridge University Press, 1977.

36 Detailed discussion and documentation of the statements in this and the following paragraphs may be found in S. G. BRUSH, *The Temperature of History*, Franklin, 1978; *Nineteenth-Century Debates about the Inside of the Earth: Solid, Liquid, or Gas?* (to be published in Annals of Science, 1979); J. D. BURCHFIELD, *Lord Kelvin and the Age of the Earth*, Science History Publications, 1975.

37 « La question des températures terrestres m'a toujours paru un des plus grands objets des études cosmologique, et je l'avais principalement en vue en établissant la théorie mathématique de la chaleur ». J. B. J. FOURIER, *Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*, in Mémoires de l'Academie Royale des Sciences de l'Institut de France, Vol. 7, 1827, pp. 570-604, quoted from *Oeuvres de Fourier*, Gauthier-Villars, 1890, Vol. 2, p. 114.

38 J. BARRELL, *Rhythms and the Measurement of Geological Time*, in Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 28, 1917, pp. 745-904 (p. 871).

39 D. B. KITTS, *The Theory of Geology*, in C. C. ALBRITTON, Jr. (ed.), *The Fabric of Geology*, Geological Society of America, 1963, pp. 49-69 (p. 60).

40 D. B. KITTS, *Physical Theory and Geological Knowledge*, in Journal of Geology, Vol. 82, 1974, pp. 1-23 (p. 8). Both this and the article cited in the previous note are reprinted in D. B. KITTS, *The Structure of Geology*, SMU Press, 1977.

41 For further evidence on this point see KITTS, *The Structure of Geology*, pp. 110-114.

42 L. WILSON, *The Intellectual Background to Charles Lyell's 'Principles of Geology'*, in C. J. SCHNEER (ed.), *Toward a History of Geology*, MIT Press, 1969, pp. 426-443 (pp. 427, 430).

43 R. D. OLDHAM, *Discussion Remarks*, in Geographical Journal, Vol. 61, 1923, pp. 188-190. The solidity theory has also been blamed for the failure of geologists to see the connection between earthquakes and faults; see D. P. MCKENZIE, *Plate Tectonics and its Relationship to the Evolution of Ideas in the Geological Sciences*, in Daedalus, Vol. 106, n. 3, 1977, pp. 97-124 (p. 111).

44 See S. G. BRUSH, *A Geologist among Astronomers: The Rise and Fall of the Chamberlin-Moulton Cosmogony*, in Journal for the History of Astronomy, Vol. 9, 1978, pp. 1-41, 77-104.

45 L. P. BAUER, *A Plea for Terrestrial and Cosmical Physics*, in Science, Vol. 29, 1909, pp. 566-570. Cf. A. SCHUSTER, *The Progress of Physics During 33 Years*, Cambridge University Press, 1911, p. 118. For additional discussion of the dominance of physics over other sciences see C. F. A. PANTIN, *The Relations Between the Sciences*, Cambridge University Press, 1968, pp. 18-21; R. WHITLEY, *Changes in the Social and Intellectual Organisation of the Sciences: Professionalization and the Arithmetic Ideal*, in E. MENDELSOHN *et al.* (eds.), *The Social Production of Scientific Knowledge*, Reidel, 1977, pp. 143-169.

46 H. MENARD, *Science: Growth and Change*, Harvard University Press, 1971.

47 *Ibid.*, p. 144.

48 *Ibidem.*

49 L. KNOPOFF, *Significance and Achievements of the Upper Mantle Project*, in ICSU Bulletin, n. 27, September 1972, pp. 3-7 (pp. 4-5).

50 *Physics Today*, Vol. 24, n. 6, June 1971, p. 63.

51 P. M. MORSE, *Is Physics too Ingrown?*, in Physics Today, Vol. 26, n. 4, April 1973, pp. 23-28 (p. 27).

52 A. F. SPILHAUS, Jr., *Geophysics - An Overview*, in Physics Today, Vol. 27, n. 3, March 1974, pp. 23-26.

È STATO PUBBLICATO

INDEX GENERALIS 1907-1975

di

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Presentato dal Prof. Giuseppe Montalenti dell'Istituto di Genetica, Facoltà di Scienze della Università di Roma.

L'Index Generalis consiste di un volume di 100 pagine. In esso sono catalogati oltre 3.500 contributi di scienziati di tutto il mondo pubblicati in Scientia durante 70 anni - una storia del pensiero scientifico in questo secolo fino ad oggi.

Le regole adottate per la produzione dell'Index sono indicate in una Legenda che precede l'opera.

L'elaborazione dei dati è stata attuata dal CNUCE, Istituto del CNR.

Prezzo del volume: Europa L. 4.000, altri Paesi $6.00

Per le richieste rivolgersi a:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Scienza planetaria: dal "confinato" all'"emarginato"

STEPHEN G. BRUSH
University of Maryland, College Park (USA)

Gli storici, nel rivolgersi alla scienza dei secoli passati, partono in generale da alcune presupposizioni relative a quali tipi di teorie e di esperimenti siano abbastanza importanti da meritare un esame dettagliato. Una di tali presupposizioni si riscontra di solito tra quegli scienziati che per la prima volta arrivano ad interessarsi di storia, e consiste nell'idea che l'importanza di cui sopra dipenda da una certa similarità con la scienza corrente. Negli ultimi anni gli storici della scienza hanno tentato di evitare quella che potremmo definire la tendenza 'contemporaneistica' — e cioè l'idea che ci si debba concentrare su quegli eventi che, in qualche modo, hanno condotto alla fondazione di leggi che sono oggi accettate[1]. In effetti, la cosiddetta 'interpretazione liberale [*Whig*] della storia della scienza'[2] è stata così ampiamente condannata che, oggi, nell'ambito professionale, l'esser 'liberaleggianti' è un termine accettato di disapprovazione. Al fine di sostituire il 'liberalismo' si è posta un'enfasi crescente sulla comprensione dell'attività scientifica di ciascun periodo storico facendo riferimento ai suoi termini effettivi e prendendo dovutamente in considerazione il contesto delle teorie e delle situazioni dei problemi.

Ciò nonostante è ancora viva una delle maggiori sorgenti di deformazione nell'ambito delle nostre interpretazioni storiche, una delle forme più generali di tendenza contemporaneistica: col che si vuole indicare l'influenza che viene esercitata dal livello di importanza o di prestigio *attualmente* attribuito ad una certa area scientifica in rapporto ad altre, livello che può essere ben diverso da quello esistente nella situazione specifica del periodo che stiamo studiando. Ciò che in questa sede intendo fare consiste nel presentare un esempio particolare di quanto ho appena detto, l'esempio delle cosiddette scienze *planetarie* in quanto contrapposte alle cosiddette scienze *pure*.

Nel parlare di scienze planetarie intendo riferirmi allo studio della terra e della sua atmosfera, nonché allo studio della parte rimanente del sistema solare (ivi incluso il sole). Nel parlare di scienze pure intendo invece riferirmi allo studio di quelle proprietà della materia e dell'energia che sono presumibilmente applicabili ovunque nell'universo. (Come si vedrà, spesso si assume che 'puro' sia sinonimo di 'fondamentale': tuttavia, dati gli obiettivi che il presente scritto si propone di raggiungere, desidero riservare a quel termine un significato un poco diverso.)

Suggerisco pertanto le seguenti asserzioni:

1. Durante la prima metà del ventesimo secolo, alla scienza planetaria è stato assegnato un ruolo secondario, di modo che essa, indipendentemente dai fondi disponibili a fini di ricerca, non ha avuto attorno a sé il prestigio (fra gli scienziati stessi) associato invece ad aree pure, quali quelle relative alle particelle elementari, alla cosmologia o anche alla fisica dello stato solido e alla biologia molecolare. Ed il risultato è stato che molti scienziati di alto livello, i quali avrebbero potuto benissimo fare delle scoperte importanti in scienza planetaria, non hanno neppur preso in considerazione l'opportunità

di entrare in questo campo di ricerca.
2. Prima del diciannovesimo secolo la situazione era del tutto diversa: la scienza planetaria era considerata alla stregua di un settore integrale della scienza, ed era equiparata alle altre parti sia sul piano dell'importanza, sia su quello relativo allo *status* sociale; e, come risultato, molti dei maggiori scienziati dedicavano uno sforzo notevole ai problemi planetari.
3. I problemi di scienza planetaria costituirono spesso uno stimolo per scoperte in quella che ora noi definiamo come scienza pura; nel presente lavoro prenderò soprattutto in considerazione degli esempi relativi al diciannovesimo secolo.
4. La distinzione tra scienza pura e scienza planetaria (nel senso poco sopra indicato) cominciò a svilupparsi durante il diciannovesimo secolo. In parte ciò accadde in conseguenza della specializzazione e della professionalizzazione di tutte le scienze che, inevitabilmente, si verificarono in quel periodo, e ne troviamo segni nelle prime costituzioni di nuove società e di nuove riviste dedicate alle scienze planetarie. Il che, tuttavia, non è sufficiente al fine di rendere conto dello sviluppo di quelle attitudini di scienziati che riguardano il valore relativo o il carattere fondamentale delle diverse discipline; a questo proposito occorre rivolgere l'attenzione al ruolo svolto da singoli scienziati e da fatti particolari.
5. Lo storico della scienza operante nel ventesimo secolo ha troppo spesso accettato l'assunzione dei fisici secondo la quale la scienza planetaria è inferiore alla scienza pura, ed ha così permesso ad una simile assunzione di svolgere un ruolo pregiudizievole nella interpretazione della scienza dei secoli precedenti. Questo pregiudizio ha pertanto portato certi storici a formulare delle pseudo domande quali le seguenti, « per quali motivi gli americani erano indifferenti rispetto alla scienza di base durante il diciannovesimo secolo? », oppure « per quali motivi uno scienziato brillante e capace di compiere grandi scoperte in scienza pura perdeva il suo tempo attorno a problemi di scienza planetaria? ». Il fatto stesso di enunciare domande del genere implica che la scienza planetaria (nella quale, ad esempio, gli americani eccellevano nel diciannovesimo secolo)[3] non abbia la stessa dignità che spetta alla scienza 'fondamentale' o pura, oppure che essa non sia per lo meno in grado di contribuire a quest'ultima e che, pertanto, si tratti di una occupazione adatta unicamente a persone mediocri[4]. Nella realtà, invece, molti scienziati di primo ordine — di primo ordine anche se giudicati soltanto per i loro contributi alla scienza pura — dedicarono sforzi sostanziali a ricerche in scienza planetaria. Gli storici devono compiere un certo sforzo per riuscire a capire come mai uomini come Dalton, Gauss, Kelvin ed Helmholtz pensavano che i problemi di scienza planetaria fossero rilevanti, se speriamo di ottenere una rappresentazione accurata della storia della scienza anteriore al ventesimo secolo. Un vantaggio ulteriore conseguente a tale sforzo potrebbe, d'altra parte, consistere nell'aprire nuove aree di ricerca storica per una professione che, a mio avviso, si è troppo concentrata sulla 'corrente principale' della scienza pura ed ha trascurato alcuni fra i problemi che gli scienziati del passato considerarono come cruciali.

EMARGINAZIONE - I

Nelle pagine che seguono mi interesso soprattutto di *fisica* planetaria e, pertanto, a conforto della mia prima asserzione, sta una analisi delle tendenze espresse da parte di fisici moderni. E mi sembra rilevante la necessità di sottolineare il fatto che anch'io ho usualmente condiviso, a suo tempo, tali tendenze. Negli anni immediatamente precedenti il 1960, e cioè negli anni in cui era in corso la mia preparazione in fisica, nessuno si curò di farmi sapere che la fisica planetaria era un settore della fisica: allora io assorbii tutti i pregiudizi dei fisici nei confronti della gente che lavorava in quel settore, ammesso e non concesso che io abbia mai pensato a quel particolare gruppo di studiosi. I fisici che conoscevo in veste di insegnanti e di colleghi erano natural-

mente portati a sollecitare gli studenti migliori ad interessarsi di campi come le particelle elementari, la fisica dello stato solido o la cosmologia: soltanto coloro che non erano abbastanza bravi nel far della fisica 'vera' avrebbero potuto pensare di lavorare in fisica planetaria.

Non ricordo di avere osservato alcuna modificazione degna di nota in quelle tendenze durante i primi anni successivi al 1960, anche se oggi mi accorgo che proprio in quel periodo la fisica planetaria stava godendo di un sensazionale risveglio grazie alle teorie sulla deriva dei continenti, alle osservazioni sull'estendersi del fondo marino ed agli esperimenti sugli strati superiori dell'atmosfera che erano diventati possibili nell'ambito del programma spaziale. Solo attorno al 1970, e cioè quando i tagli nei fondi governativi provocarono panico diffuso e disoccupazione tra scienziati e ingegneri, i fisici cominciarono a chiedersi se valeva la pena di interessarsi di scienza planetaria, nell'ipotesi che fosse disponibile un qualche finanziamento per ricerche 'ambientali'.

Nel settembre del 1970, Freeman Dyson, un ben noto fisico matematico dell'*Institute for Advanced Study* di Princeton, pubblicò su *Physics Today* un articolo dedicato a « Il futuro della fisica ». Discutendo dei nuovi settori ai quali i fisici potevano rivolgersi egli citò lo studio dei 'fanghi attivi' come esempio di problema da risolvere nel 'campo ambientale', ma ammonì il lettore osservando che « un fisico non dovrebbe aspettarsi di far soprattutto della fisica lavorando nel campo ambientale. Se è abbastanza bravo, egli userà la fisica che conosce unicamente come una cultura di sfondo nel riflettere su problemi che sono, in primo luogo, problemi di natura chimica, biologica o politica. Di conseguenza mi pare che sarebbe uno sbaglio, per un dipartimento di fisica universitario, impegnarsi soprattutto nel lavoro sull'ambiente ». E questo era tutto quanto Dyson si sentiva di dire a proposito della scienza planetaria intesa come possibile oggetto di interesse da parte dei fisici[5].

Proprio nello stesso numero di *Physics Today* appariva una recensione di Fred Wilson, il quale ricordava quanto segue: « Sembra sia stato Enrico Fermi a chiedere, durante un esame orale, « Quanta energia viene dissipata in un fulmine? » La reazione della maggior parte degli esaminati non potrebbe essere che quella dominata dal panico, in quanto la maggior parte degli studenti di fisica conosce ben poco della fisica dell'ambiente. Il che è particolarmente triste, se si pensa che molti progressi della fisica furono strettamente connessi allo sviluppo di strumenti meteorologici »[6].

Nel febbraio successivo il fisico H. R. Crane scrisse, sulla medesima rivista, un articolo su « Le occasioni offerte dalla geofisica ». Crane suggeriva che la crisi nella situazione dell'impiego potesse forzare i fisici a prendere in considerazione le scienze della terra allo scopo di trovare un lavoro, ma ammetteva che sarebbe comunque stato sgradevole, per i suoi lettori, finire in una 'scienza applicata'. Ciò nonostante, « sarebbe opportuno che i fisici ricominciassero ad interessarsi di geofisica e di altri settori notevoli, dopo il disinteresse manifestatosi per una generazione intera. La ripresa di tali interessi può richiedere trasformazioni nel curriculum e nell'esperienza di ricerca, trasformazioni che forse affondano negli stessi programmi di base in fisica »[7].

Era chiara l'implicazione che nessun fisico rispettabile si sarebbe mai sognato di lasciarsi coinvolgere in questo campo se non si fosse sentita la pressione provocata dal mercato del lavoro.

Più di recente, come risultato delle mie prime indagini sulle connessioni tra scienza pura e scienza planetaria, ho scoperto alcune franche dichiarazioni che, probabilmente, gli autori preferirebbero non sentirsi attribuire pubblicamente: [*Scienziato A*] « 'La scienza della terra e dei pianeti' è, oggi, tra le scienze reali, la 'scienza sociale': infatti sta andando molto bene per quanto riguarda i soldi, così come accadeva una decina d'anni fa con qualche 'X interdisciplinare' e vent'anni or sono con la questione 'aerospaziale'. È una gran cosa per presidi di facoltà e per tutti quelli che non si sono qualificati in qualche scienza ».

[*Scienziato B*] « La divisione reale passa tra gli 'scienziati analitici' e i 'raccoglitori di dati'. Allora (nel diciannovesimo secolo) come oggi, i primi tendevano a guardare con disprezzo i secondi: infatti i primi erano i soli ad avere un pieno controllo dei propri mezzi, poiché non si limitavano a conoscere bene gli strumenti disponibili ma conoscevano altresì i fini precisi che stavano perseguendo. I poveri raccoglitori di dati, da parte loro — classificando fauna e flora, schemi di nubi e di venti, strati geologici ed altre cose irrilevanti — ben difficilmente riuscivano ad avere un qualche concetto chiaro a proposito di ciò che stavano cercando, e, pertanto, solo raramente tentavano di ricavare una qualche idea da quanto potevano trovare... ».

La dicotomia tracciata dallo *Scienziato B* tra gli scienziati analitici e i raccoglitori di dati è del tutto pertinente al tema che sto trattando in questa sede; vorrei sostenere che, in linea di principio, in ogni disciplina esiste spazio per entrambi i tipi di ricercatori, ma che, dopo il diciannovesimo secolo, gli scienziati analitici hanno largamente abbandonato la scienza planetaria. Ebbene, perché ciò è accaduto?

L'altro aspetto messo in evidenza dallo *Scienziato A* consiste nella sensazione che le allegre fortune della scienza planetaria abbiano dissipato, negli ultimi dieci o vent'anni, enormi quantità di danaro che avrebbero potuto assai meglio essere spese nel campo della scienza pura. I progetti del tipo di quelli relativi all'esplorazione diretta della luna per mezzo di uomini sono stati criticati, in quanto ostentazioni pubblicitarie durante le quali si sarebbe guadagnata ben poca conoscenza scientifica che non potesse essere ottenuta molto più a buon mercato (e con meno rischi per la vita umana) mediante sonde non guidate dall'uomo. Commentatori scientifici come Daniel Greenberg hanno messo alla berlina imprese come il Project Mohole, quali insuccessi costosi che non avrebbero nemmeno dovuto essere presi seriamente in considerazione[8].

Quando, nel 1966, il 'Physics Survey Committee' della National Academy of Sciences pubblicò un rapporto avente il fine di ricavare maggiori fondi da parte del governo, ci si guardò bene dall'includere la fisica planetaria nella definizione di fisica, anche se si volevano includere alcuni settori correlati dell'astronomia, della chimica e dell'ingegneria[9]. Interpreto questo fatto come una sorta di messaggio, secondo il quale le scienze planetarie avevano già ottenuto dal governo più danaro di quanto meritassero — così che, qualora il governo avesse loro concesso ulteriori fondi, ciò non potesse avvenire nell'illusione di finanziare in tal modo la scienza pura.

Negli ultimissimi anni, i difensori della fisica pura — con particolare riferimento allo studio delle particelle elementari — hanno ritenuto necessario elaborare delle giustificazioni più esplicite per il continuo finanziamento delle loro ricerche di fronte alle carenze di queste ultime relativamente ad applicazioni pratiche immediate. Mentre Alvin Weinberg ha suggerito che la 'fondamentalità' è correlata alla «rilevanza rispetto a settori confinanti della scienza», Michael J. Moravcsik sostiene che la scienza fondamentale è quella che può « penetrare più profondamente nella struttura fondamentale delle leggi naturali » e semplificare la loro formulazione « giungendo più vicina alle poche pietre angolari di base che presumibilmente stanno al fondo della natura nel suo complesso ». Egli ha suggerito che « le leggi della scienza sono tanto più fondamentali quanto più sono lontane dalla nostra diretta esperienza quotidiana. Con ciò intendo dire che esse riguardano parti della natura le quali sono collocate su intervalli dei parametri fisici che si differenziano il più possibile da quelli della nostra vita quotidiana. Pertanto le leggi che governano le distanze molto piccole e molto grandi, i tempi molto brevi e molto lunghi, le temperature bassissime e altissime, eccetera, sono passibili di essere considerate come più fondamentali di quelle che valgono in quegli intervalli di variabili al cui interno noi stessi abitiamo »[10].

Mi pare che la concezione di fondamentalità secondo Moravcsik rifletta con estrema accuratezza le opinioni di molti fisici espresse

durante la prima metà del ventesimo secolo, e che tale concezione sia in parte responsabile della bassa considerazione in cui, durante quel periodo, è stata tenuta la scienza planetaria.

MUOVENDOCI NELLO SPAZIO - II

Qual è la scienza più fondamentale e più importante? Nicola Copernico, all'inizio del Primo Libro del *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543), non ha dubbi nel rispondere a questa domanda: « Fra i molti e diversi studi delle lettere e delle arti, con cui si rinvigoriscono gli ingegni umani, stimo si debbano coltivare soprattutto, applicandovisi con somma cura, quelli che concernono le cose più belle e più degne di essere riconosciute. E tali sono quelli che trattano delle divine rivoluzioni del mondo e del corso delle stelle, delle grandezze, delle distanze, del sorgere e del tramontare e delle cause degli altri fenomeni celesti, di cui finalmente spiegano l'intera forma. E cosa mai c'è più bello del cielo, che contiene sicuramente tutte le cose belle? [...] Perciò, se si valuta la dignità delle arti a seconda della materia di cui trattano, sarà di gran lunga la più insigne quella che alcuni chiamano astronomia, altri astrologia, e molti antichi la somma delle matematiche »[11]. In questo Copernico concordava con Aristotele e con quegli altri filosofi greci che avevano considerato i cieli come il luogo della perfezione eterna, in contrasto con la terra afflitta da disonorevoli fenomeni transeunti, quali la generazione e la corruzione. Copernico tuttavia sosteneva che anche la terra è una sfera perfetta e partecipa ai « movimenti circolari divini » dei pianeti e delle stelle. Come risultato del suo lavoro, il problema scientifico fondamentale del diciassettesimo secolo fu quello di trovare le leggi che governano il moto della terra, della luna e dei pianeti.

Secondo Newton il fine della scienza fondamentale era quello di scoprire « i principi matematici della filosofia naturale » e di indagare sulle « forze della natura »[12]. Il che si poteva realizzare nel migliore dei modi analizzando i fenomeni del moto planetario e le proprietà fisiche della terra. Il successo ottenuto da Newton e dai suoi seguaci del diciottesimo secolo nella spiegazione delle deviazioni della luna e dei pianeti rispetto alle leggi di Keplero, e nella previsione di eventi quali il ritorno della cometa di Halley, fu uno dei fattori principali nel porre le leggi di Newton come base di tutta la scienza fisica. Inoltre, la conferma della tesi di Newton secondo la quale la terra è uno sferoide schiacciato ai poli piuttosto che nella zona equatoriale — una conferma che fu ottenuta mediante misure della lunghezza di un grado di latitudine presso il polo e presso l'equatore — è stata spesso considerata come un 'esperimento cruciale' che convinse i pochi studiosi che erano rimasti fedeli alla fisica cartesiana ad aderire subitaneamente alla filosofia newtoniana durante gli anni di mezzo del diciottesimo secolo[13].

Attorno a quel periodo i problemi della fisica planetaria cominciarono a motivare la ricerca matematica, specialmente nel campo delle equazioni differenziali. Uno tra i primi leaders in tale settore fu D'Alembert, il cui premiato saggio del 1746 sui venti è stato definito come « uno dei primi tentativi di fare un uso consistente delle equazioni differenziali alle derivate parziali »[14]. Tecniche di calcolo per la meccanica celeste furono sviluppate da Clairaut, Euler e Lagrange, sino al lavoro culminante di Laplace verso la fine del diciottesimo secolo. L'uso di armoniche sferiche nella teoria del potenziale (che successivamente venne ad essere di gran valore in elettricità, in magnetismo e, più tardi, in meccanica quantistica) trasse origine dalle ricerche di Legendre e di Laplace connesse al problema di calcolare l'attrazione gravitazionale della terra. La meccanica planetaria ispirò grandi contributi all'analisi matematica durante il diciannovesimo secolo, con particolare riferimento ad Henry Poincaré.

Alcuni scienziati cominciarono ad esprimere il punto di vista secondo cui le scoperte in matematica o in scienza pura generate dalla ricerca in scienza planetaria erano più significative degli stessi problemi planetari. Que-

sta attitudine emerse durante la controversia tra D'Alembert e Clairaut relativa alla previsione del ritorno della cometa di Halley nel 1759: secondo D'Alembert, «la teoria matematica non poteva che essere l'unica realizzazione di valore effettivo», ma l'opinione comune, insieme a quella di molti astronomi, dava più credito a Clairaut per il fatto di sviluppare effettivamente i calcoli[15].

Gauss, che è spesso citato come uno dei più grandi matematici che mai siano vissuti, dedicò molto tempo a ricerche ed a calcoli numerici connessi con esami geodetici e con il magnetismo terrestre. Il suo biografo Tord Hall riferiva che « molti studiosi strettamente dediti alla matematica e alla fisica matematica si sono lamentati per il fatto che Gauss dedicò troppo tempo » a simili attività. Lo stesso Gauss ammise, in una lettera a Bessel, che « tutte le misurazioni che si possono fare nel mondo non valgono più di un solo teorema grazie al quale la scienza delle verità eterne possa avanzare. Tuttavia non si deve giudicare sul piano del valore assoluto, ma solo su quello del relativo »[16].

Anche uno strenuo difensore della scienza pura dovrà ammettere che il lavoro geofisico di Gauss ha fornito stimoli per alcune delle ricerche gaussiane in geometria e in teoria del potenziale, così come i suoi primi lavori sul computo delle orbite contribuirono sostanzialmente alla teoria della probabilità, con particolare riferimento a quel fondamento che è la 'distribuzione gaussiana', di modo che si tratta di ricerche giustificate. Tuttavia l'ipotesi che lo stesso Gauss avesse sempre in mente simili obiettivi 'più elevati' è probabilmente responsabile di aver creato uno dei più notevoli miti nella storia della scienza, vale a dire il racconto secondo cui Gauss tentò di determinare per mezzo dell'osservazione se lo spazio fisico fosse non euclideo. Gauss misurò gli angoli formati dai lati di un triangolo riferito a tre cime montane, nell'ambito di un esame geodetico; spesso si legge che lo scopo di quella misurazione era quello di vedere se la somma degli angoli è diversa da 180°, e di controllare in tal modo se lo spazio è 'curvo'. Ma, come recentemente ha sottolineato Arthur Miller, Gauss non stava affatto tentando di misurare la curvatura dello spazio nel senso della geometria non euclidea, ma stava semplicemente studiando una superficie tridimensionale con curvatura già nota nello spazio euclideo: la superficie della terra[17].

Attorno alla metà del diciannovesimo secolo, lo stesso Humboldt parve voler denigrare il valore intrinseco della geodesia scrivendo che « la storia della scienza non presenta alcun problema nel quale il risultato raggiunto — la conoscenza della compressione della forma irregolare del nostro pianeta — sia così ampiamente superato in importanza dal vantaggio accidentale che è venuto maturando, attraverso un processo di ricerca lungo e faticoso, nel progresso e nel miglioramento delle scienze matematiche e astronomiche »[18].

Orbene, se gli scienziati avessero realmente creduto che i problemi in scienza pura sono molto più importanti di quelli in scienza planetaria, per quali ragioni essi avrebbero così spesso preso l'avvio da ricerche su questi e non sui primi? Una domanda del genere ha bisogno di considerazioni ben più complete di quelle che posso svolgere nella presente sede, ma non esiste comunque dubbio alcuno sul fatto che i problemi planetari abbiano attirato le prime attenzioni di giovani ricercatori e ricercatrici che, più tardi, dovevano diventare meglio noti per i loro contributi alla chimica e alla fisica. Lavoisier ebbe « per tutta la vita un interesse per la geologia e sviluppò alcune nozioni originali in stratigrafia »; sembrava avviato a studiare chimica in termini di 'scienza ancillare' della geologia e della mineralogia[19]. Non si è ancora stabilito se il suo primitivo lavoro geologico ebbe o meno una influenza specifica sulle sue successive scoperte in chimica[20]. Ma una influenza del genere si ebbe probabilmente nel caso di Beguyer de Chancourtois, il geologo francese che è considerato come il primo (anche se parziale) scopritore del sistema periodico degli elementi: egli stava tentando di sviluppare una visione generale di tutti i costituenti della crosta terrestre[21].

Un legame meglio conosciuto tra scienza pla-

netaria e scienza pura è dato dalla teoria di J. C. Maxwell sull'interazione tra fasci di particelle. L'Università di Cambridge aveva aperto un concorso scientifico in onore dell'astronomo John Couch Adams e l'argomento per il 1856 era dato dalla stabilità degli anelli di Saturno[22]. Maxwell vinse l'*Adams Prize* con un saggio in cui analizzava il tipo di comportamento che ci si doveva aspettare dagli anelli qualora essi fossero allo stato solido o liquido, oppure nel caso che fossero costituiti da piccole particelle solide. A partire da questa ricerca, Maxwell si indirizzò verso la teoria cinetica sulla viscosità dei gas, e cioè verso una teoria strettamente connessa alla suddetta ricerca, sviluppando alla fine, nel 1866, la moderna teoria sui processi di trasporto[23]. Poiché Maxwell non è noto per successivi contributi alla scienza planetaria, si potrebbe supporre che egli abbia abbandonato quest'ultima e si sia interamente dedicato alla scienza pura. Tuttavia, un esame dei manoscritti maxwelliani mostra che egli effettivamente tornò sul problema degli anelli di Saturno, migliorandone l'analisi con l'aiuto dei metodi che egli stesso aveva sviluppato nella teoria cinetica dei gas, anche se, evidentemente, non ritenne che i risultati raggiunti fossero degni di pubblicazione.

La natura delle zone più alte dell'atmosfera interessava molti scienziati nei secoli diciassettesimo e diciottesimo. Il primo lavoro scientifico di John Dalton fu un trattato di *Meteorologia*: di qui il suo interesse attorno al problema costituito dal fatto che l'ossigeno e l'azoto restano mescolati in proporzioni costanti entro l'atmosfera malgrado abbiano densità differenti tra di loro. Egli suppose che ciò fosse in qualche modo collegato con le differenze in dimensione o in peso tra gli atomi di elementi diversi, e fu così spinto a studiare i metodi chimici atti a determinare tali differenze. Il risultato finale di questa direzione di ricerca fu la teoria atomica della chimica[24].

Attorno al 1800 ci si era accorti che la rifrazione della luce stellare nell'atmosfera terrestre era un fattore importante per quanto riguardava l'accuratezza possibile nelle osservazioni astronomiche. Questa fu probabilmente una delle ragioni per cui Laplace aggiunse al suo trattato sulla meccanica celeste una sezione relativa alla teoria dei gas; e per la stessa ragione si può pensare che egli abbia incoraggiato alcuni suoi colleghi come Gay-Lussac a compiere indagini sperimentali sulle proprietà dei gas[25].

Gay-Lussac, naturalmente, è più conosciuto per la sua scoperta delle leggi dell'espansione termica e della combinazione di volumi di gas.

Per l'astronomia era importante sapere come la densità dell'aria varia con l'altezza rispetto alla superficie terrestre, e questo problema era connesso con il problema della variazione della temperatura in funzione dell'altezza stessa. Durante la maggior parte del diciannovesimo secolo i dati disponibili suggerivano l'esistenza di una diminuzione lineare e uniforme della temperatura in funzione dell'altezza[26]. Una legge empirica così semplice reclamava una spiegazione teorica semplice, ed i pionieri della teoria cinetica dei gas — John Herapath e J. J. Waterston — tentarono di enunciarla[27]. Si sarebbe potuto avere un'applicazione coronata da successo della teoria cinetico-molecolare della materia, stabilendo così un altro legame tra scienza pura e scienza planetaria. Si trovò, invece, che sia i dati osservativi, sia gli argomenti teorici, erano fuorvianti. Maxwell e Boltzmann dimostrarono che lo stato di equilibrio di una colonna verticale di gas è caratterizzato da una temperatura uniforme: la gravità (in assenza di una qualche sorgente di calore in cima o alla base della colonna) non può di per sé stessa produrre un gradiente di temperatura[28]. Qualche anno più tardi, attorno al 1900, si poté mostrare, mediante esperimenti con aerostati collocati ad altezze notevoli, che la temperatura dell'atmosfera non continua a diminuire con l'altezza ma che, in alcune zone, essa aumenta[29]. Il convergere finale di teoria e osservazione si realizzò troppo tardi per poter esercitare un qualche effetto significativo sulle principali linee di sviluppo della scienza pura o della scienza planetaria.

Un problema che divenne estremamente significativo per la fisica pura sul finire del diciannovesimo secolo era quello della dipendenza della radiazione termica dalla temperatura della sua sorgente. Naturalmente, per la scienza planetaria, il sole è la sorgente più importante. Uno dei criteri che durante il diciannovesimo secolo venivano utilizzati per valutare le leggi di radiazione era costituito dalla possibilità di fornire una stima plausibile della *temperatura del sole*. Dulong e Petit avevano proposto, nel 1817, una legge esponenziale per l'andamento della perdita di calore da parte di un corpo caldo. Si trattava di una legge intesa a sostituire quella che Newton aveva dato per il raffreddamento. La legge di Dulong e Petit godeva del supporto di una evidenza sperimentale notevolissima, e fu generalmente accettata per i successivi 50 anni. Essa fu tuttavia respinta, alla fine, in quanto certe valutazioni sulla temperatura del sole che si basavano su essa portavano ad un valore assurdamente piccolo (circa 1400° C). Poiché un certo numero di fisici aveva interessi relativi alla determinazione della temperatura del sole (ed al problema correlato che riguardava la trasmissione e l'assorbimento del calore radiante da parte dell'atmosfera terrestre), vennero eseguiti nuovi esperimenti sulla legge di radiazione. Il risultato fu il suggerimento di Stefan (1879) secondo cui i dati potevano essere meglio rappresentati assumendo che l'andamento dell'emissione di energia fosse proporzionale alla quarta potenza della temperatura assoluta. Con l'ausilio di ulteriori esperimenti e della derivazione teorica di tale legge da parte di Boltzmann (1884), si giunse alla conferma della formula relativa a T^4, la quale svolse un ruolo nelle successive ricerche della legge che governa la distribuzione della radiazione di corpo nero in funzione della frequenza (e, di conseguenza, nella genesi della teoria di Planck sui quanti)[30].

Oltre all'enunciazione di nuove leggi naturali e di nuove teorie fisiche della materia e dell'energia, il diciannovesimo secolo vide lo sviluppo di potenti *tecniche matematiche* che oggi sembrano essenziali in ogni ricerca nel campo della moderna fisica teorica. Questo è un punto che sembra sia stato generalmente ignorato dalla maggior parte degli storici della scienza, eccezion fatta per quei pochi che hanno interessi e competenze particolari in matematica: ma tali competenze non sono sempre accoppiate ad una qualche familiarità con i problemi scientifici che, durante il diciannovesimo secolo, possono aver stimolato il lavoro matematico. Eppure è chiaro che in molti casi le stesse persone che hanno sviluppato la teoria delle equazioni differenziali, la teoria della probabilità, la teoria del potenziale e problematiche analoghe — e cioè Laplace, Fourier, Gauss, Kelvin, Helmholtz e Poincaré — hanno anche svolto ricerche in geofisica teorica, magnetismo terrestre, orbite planetarie e meteorologia. Dobbiamo assumere che quegli uomini disponevano di un comparto mentale indicato come 'scienza pura' e mantenuto del tutto separato da altri comparti indicati come 'scienza applicata' o 'scienza planetaria'?

I CONFINATI - III

Avendo in mente questi e altri esempi di fruttuose interazioni tra scienza pura e scienza planetaria, ci si può allora chiedere per quale motivo tali settori si siano successivamente separati, nonchè per quale motivo sia sorta l'idea secondo cui le scienze planetarie non sono importanti come le scienze pure.

Il processo di separazione può essere studiato su una base quantitativa esaminando la distribuzione degli articoli di ricerca su riviste specializzate in rapporto a quella su riviste scientifiche generali o su riviste generali di fisica. Se ne può altresì compiere una analisi studiando le bibliografie di alcuni tra gli scienziati maggiori e chiedendoci quale ruolo la ricerca in scienze planetarie abbia giocato nella loro produzione complessiva. Esiste tuttavia, ovviamente, un aspetto più soggettivo, che è coinvolto nello sviluppo delle attitudini degli scienziati a proposito

del valore relativo o del carattere fondamentale delle diverse discipline. Anche se ulteriori ricerche possono modificare una simile valutazione, io sono per ora persuaso che William Thomson (che divenne più tardi Lord Kelvin) sia una figura chiave, sia nell'esemplificare la stretta connessione esistente nel diciannovesimo secolo tra la scienza planetaria e la scienza pura, sia nel contribuire a far sì che quest'ultima acquistasse una posizione predominante rispetto alla prima nei primissimi anni del ventesimo secolo.

Thomson attaccò i geologi su due punti chiave: l'età della terra (comprendendo i primitivi stati termici di quest'ultima) e la presente condizione fisica del suo interno. In entrambi i casi egli sosteneva che quando le dottrine geologiche entravano in conflitto con la teoria fisica, le prime dovevano cedere alla seconda. Anche se le conclusioni specifiche tratte da Thomson a proposito della terra vennero più tardi corrette in un modo un poco più compatibile con l'evidenza geologica, il suo *principio metodologico* sulla superiorità della fisica rispetto alla geologia fu alla fine accettato dagli stessi geologi, e non viene più rimesso in discussione da quegli stessi ricercatori i quali credono che i *problemi* geologici siano i più interessanti da studiare.

Fu Thomson, nel 1868, ad affermare di fronte alla *Glasgow Geological Society*, che « sembra sia ora divenuta necessaria una grande riforma nella riflessione geologica... è del tutto certo che un grande errore è stato compiuto — che la geologia popolare britannica è oggi in diretta contraddizione rispetto ai principi della Filosofia Naturale »[31]. Nelle loro teorie sulla storia della terra, i geologi non avevano tenuto conto delle leggi sulla conduzione del calore e sulla termodinamica. Quando T. H. Huxley propose di difendere i geologi, pur ammettendo che le critiche di Thomson « implicano la considerazione di argomenti del tutto estranei rispetto alle questioni delle quali mi occupo usualmente »[32], Thomson replicò dicendo che « la radice vera dell'errore da me criticato sta proprio nel fatto che così tanti geologi siano soddisfatti nel considerare i principi generali della filosofia naturale e la loro applicazione alla fisica terrestre alla stregua di argomenti del tutto estranei rispetto alle loro usuali occupazioni »[33]. P. G. Tait, collega di Thomson, si unì all'attacco dicendo che quei geologi che rifiutavano di accettare i risultati basati sulla fisica erano colpevoli di tendenze analoghe a « quelle biasimevoli teorie e pratiche sindacali che di recente sono state esposte alla pubblica esecrazione. Un tal genere di cose non deve esistere nella Scienza: quanto prima il fatto sarà riconosciuto da scienziati di ogni tipo, tanto meglio sarà ». Ma Tait non voleva affatto dire che gli addetti ad ogni singola scienza hanno lo stesso dovere di prestare attenzione a quanto viene affermato dai loro colleghi di altre scienze: alcune scienze sono più fondamentali di altre, e, in particolare, « la matematica è indispensabile per il completo sviluppo di ogni scienza reale »[34].

Un punto in discussione tra Thomson e i geologi era quello relativo all'età della terra che, come sosteneva Thomson, era limitata a circa un centinaio di milioni di anni, se non di meno, da calcoli che lo stesso Thomson aveva eseguito a proposito della conduzione termica. Naturalmente questo problema era stato a lungo al centro dell'interesse generale, ed i geologi difficilmente potevano reclamare un qualche loro diritto esclusivo a proposito della sua presa in considerazione; effettivamente uno dei principi metodologici di molti geologi del diciannovesimo secolo consisteva nell'*astenersi* da speculazioni sull'origine della terra e nell'esaminare unicamente lo sviluppo successivo di quest'ultima[35]. I geologi si limitavano semplicemente ad assumere, come età della terra, un tempo infinitamente lungo, la cui grandezza non potesse essere determinata per mezzo della sola ricerca geologica.

La teoria secondo cui la terra si formò inizialmente in uno stato fluido ad alta temperatura, per poi raffreddarsi gradualmente pur rimanendo ancora calda al proprio interno, era una teoria che divenne popolare sul finire del diciottesimo secolo. Dopo la proposta di Laplace secondo cui il sistema

solare si era formato a partire dalla primitiva ed assai ampia atmosfera del sole — una teoria, questa, che divenne più tardi nota come 'ipotesi della nebulosa' — si ritenne che esistesse una connessione naturale tra cosmogonia e geologia. L'evidenza relativa alla formazione di rocce per mezzo di agenti ignei e alla perdurante esistenza di un nucleo fluido e caldo al di sotto della crosta terrestre fu interpretata come un'evidenza a favore dell'ipotesi della nebulosa, e viceversa[36].

Il secondo punto in discussione era pertanto direttamente collegato al primo: i geologi credevano che la terra avesse, nel suo stato attuale, solo una crosta relativamente sottile (e cioè con uno spessore compreso all'incirca tra le 30 e le 50 miglia), al di sotto della quale si trovava una zona interna liquida ad alta temperatura. In questo modo essi potevano spiegare i vulcani, i terremoti e la formazione delle catene montuose, facendo riferimento a movimenti della zona interna ed a lente contrazioni della crosta.

Il problema del flusso di calore all'interno della terra e verso lo spazio esterno costituì una motivazione basilare (o, per lo meno, una motivazione esplicitamente enunciata) per la famosa teoria sulla conduzione termica esposta da J. B. J. Fourier (1807-25)[37]. Fourier, Poisson e Laplace applicarono la teoria sulla conduzione termica a problemi del seguente tipo: qual è la temperatura dello spazio? Quali sono i rapporti tra le variazioni di temperatura presso la superficie della terra, la temperatura al centro di quest'ultima e la storia termica della terra stessa? La contrazione della crosta terrestre provocata dal raffreddamento produce un qualche effetto sull'andamento della rotazione del pianeta? La terra ha mai attraversato regioni dello spazio ben più calde di quelle in cui attualmente si trova?

Negli anni successivi al 1840 William Hopkins eseguì all'Università di Cambridge uno studio accurato del problema della fluidità nelle zone interne della terra. Egli mostrò che questo problema poteva essere correlato, da una parte, alla precessione e alla nutazione della luna nella sua orbita, e, dall'altra parte, all'effetto esercitato dalla pressione sui punti di fusione di diverse sostanze all'interno del globo terrestre. In tal modo la fisica chimica delle alte pressioni (unitamente alla dinamica celeste) fu stimolata dal seguente problema: una proto-terra liquida ad alta temperatura collocata in uno spazio freddo dovrà solidificarsi dapprima all'esterno (dove la temperatura sarà minore) oppure al centro (dove la pressione sarà maggiore)? Hopkins sosteneva che, in ogni caso, la terra doveva avere una crosta solida con uno spessore di almeno diverse centinaia di miglia, se non di un migliaio, in contrasto con le nozioni prevalenti fra i geologi. William Thomson sostenne di essere in grado di stabilire un limite superiore per l'età della terra, intesa come oggetto solido, grazie all'analisi dell'andamento della perdita di calore da parte della terra e del sole. E poiché la valutazione, riferita ad un centinaio di milioni di anni, era inferiore a quella che Darwin aveva indicato nell'*Origine delle specie* (1859) come una possibile scala temporale geologica, Thomson affermava che le teorie geologiche prevalenti e la teoria darwiniana dell'evoluzione erano contraddette dalle leggi della fisica.

Rafforzando l'argomento di William Hopkins contro la teoria geologica relativa ad una sottile crosta solida che circondava un nucleo fluido, Thomson sottolineò che un nucleo fluido di tal genere avrebbe dovuto essere soggetto alle medesime forze che sollevavano le maree nell'oceano. Una crosta sottile avrebbe dovuto muoversi su e giù con le maree, e si sarebbe dovuto avvertire un moto *relativo* minimo o nullo degli oceani rispetto alla crosta stessa — qualora quest'ultima, come sembrava non plausibile, riuscisse a restare compatta sotto l'azione di forze del genere. Thomson concludeva affermando che la terra intera era solida, con una rigidità paragonabile a quella dell'acciaio.

Indipendentemente dal destino delle proposizioni geologiche enunciate da Thomson, dobbiamo riconoscere che il suo interessamento a proposito del raffreddamento della terra fu in parte responsabile per la formu-

lazione che lo stesso Thomson dette del Principio di Dissipazione dell'Energia (generalizzazione della Seconda Legge della Termodinamica) nel 1852. Il che sembra costituire un caso inequivocabile in cui un risultato fondamentale in fisica pura emerge da studi concernenti la fisica planetaria. Naturalmente anche la teoria di Carnot sul rendimento delle macchine a vapore era coinvolta nella formulazione della seconda legge della termodinamica, così come è oggi necessaria al fine di affrontare situazioni nelle quali dell'energia viene trasformata. Ma, per molti anni, l'esempio più semplice e più frequentemente citato di 'processo irreversibile' era dato dal flusso di calore da alte temperature a basse temperature — e, nella stessa teoria di Carnot, è proprio questo processo a far sì che il rendimento delle macchine reali sia inferiore a quello delle macchine ideali ('reversibili').

Se accettiamo la tesi secondo cui il principio di dissipazione dell'energia era almeno parzialmente basato sugli studi eseguiti nel diciannovesimo secolo a proposito del raffreddamento secolare della terra, allora dobbiamo spiegare i motivi per cui tale connessione non è mai citata nell'ambito della storia della fisica moderna — o, sempre restando in argomento, nella storia della geologia. Il mio suggerimento consiste in ciò: che gli storici hanno fatto propria la definizione che i fisici del ventesimo secolo hanno dato a proposito dei fini della loro impresa, una definizione che esclude la fisica planetaria dalla corrente principale di sviluppo della fisica pura. D'altra parte, secondo il punto di vista del geologo moderno, il dibattito sul raffreddamento della terra era, nella sostanza, una esercitazione futile, poiché era basato su assunzioni scorrette e non esercitò un influsso fruttuoso sulla crescita delle teorie del ventesimo secolo; dal che segue che Fourier e Kelvin non sono quasi mai citati in lavori recenti sulla storia della geologia. Penso che tale situazione stia ora modificandosi, in quanto gli storici cominciano a guardare alla fisica e alla geologia del diciannovesimo secolo come a parti della scienza di quel secolo, piuttosto che come a settori separati della Storia della Fisica o della Storia della Geologia.

Ciò che ora mi interessa è l'impatto, entro i rapporti tra la fisica e la geologia nel ventesimo secolo, dei dibattiti relativi all'età e allo stato interno della terra. Ciò che è notevole non è che vi dovesse essere una disputa attorno a un problema comune a due aree scientifiche, ma che la *maggioranza dei geologi stessi* (malgrado le proteste di Huxley e di pochi altri) *accettasse l'opinione di Thomson secondo la quale l'evidenza geologica doveva cedere all'argomentazione fisica ogni qual volta esisteva tra le due una divergenza.* Persino dopo che successive scoperte in fisica (la generazione radioattiva di calore nella crosta terrestre e la datazione fondata sulla radioattività) ebbero dimostrato che gli argomenti di Thomson si erano basati su assunzioni scorrette, i geologi non abbandonarono la loro sudditanza rispetto alla fisica. Ogni metodo fisico per ottenere informazioni geologiche sembra avere la precedenza rispetto a qualsiasi metodo geologico. Naturalmente alcuni geologi, quale ad esempio Joseph Barrell, non erano propensi ad accogliere questo principio; nel 1916 Barrell si premuniva affermando: « Dopo certe esperienze concernenti la fallibilità dell'argomentazione fisica, malgrado il carattere matematico di quest'ultima, sarebbe certamente non saggio, per i geologi, accettare senza riserva alcuna le nuove e più ampie valutazioni sul tempo che sono fornite dalla radioattività. Anche in questo caso possono sussistere dei fattori non osservati e insospettati i quali sono in grado di viziare i risultati »[38].

Ma il punto di vista dominante nel ventesimo secolo sembra essere quello espresso da David Kitts: « Quasi tutti i geologi si muovono come se ogni enunciato geologico avesse già ora, o dovesse avere alla fine, delle radici all'interno della teoria fisico-chimica. La teoria geologica viene modificata al fine di conformarsi a quella fisico-chimica, e non viceversa... »[39]. Più di recente, lo stesso autore ha affermato che « all'interno della corrente principale del pensiero geologico [...] nessuno esiterebbe dovendo scegliere » tra ingerenze geologiche e scien-

za « di base e fondamentale »[40]. E non si pone neppure un qualche problema di « controllo » delle leggi della fisica in rapporto a osservazioni geologiche[41].

Un moderno storico della scienza, Leonard Wilson, ha fornito la seguente valutazione sulle conseguenze della capitolazione dei geologi di fronte alla fisica: « Kelvin riteneva che la semplice evidenza geologica fosse di poco valore e, a livelli sorprendenti, i geologi erano predisposti a sottomettersi al suo giudizio [...] [Malgrado la refutazione, operata da Rutherford nei confronti delle tesi di Kelvin e tratta da evidenze connesse alla radioattività] il danno inferto alla geologia, durante il periodo compreso tra il 1865 e il 1903, fu tale da non potervi porre rimedio rapidamente. Un'intera generazione di geologi era cresciuta all'ombra dell'incertezza sui principi stessi della geologia teorica. Lyell era stato screditato, per lo meno per quanto riguardava i tempi processuali e l'intensità delle cause geologiche, e i geologi si sentivano liberi di invocare spiegazioni di eventi passati basandosi su catastrofi [...]. L'influenza esercitata da Lord Kelvin sul pensiero geologico dello scorso secolo rimane profonda e non sarà facilmente cancellata. Una delle sue conseguenze è stata quella di oscurare il significato storico di Charles Lyell e della sua concezione sull'uniformità della natura »[42].

Per quanto riguarda lo stato interno della terra, la dottrina di Kelvin sulla globale solidità fu accettata in modo così generale (per lo meno tra gli scienziati inglesi e americani) che, durante i primi due decenni del ventesimo secolo, non venne preso in considerazione alcuna l'intero complesso di dati sulla fluidità e sulla mobilità. R. D. Oldham nel 1906 e B. Gutenberg nel 1914 avevano ricavato, a partire da dati sismici, l'esistenza di un nucleo non rigido: ma essi esitarono a dire in modo esplicito che il nucleo era 'liquido', e tale interpretazione non poté essere accettata se non attorno al 1920. La riluttanza di molti scienziati di fronte alla teoria di Wegener sulla deriva continentale era dovuta, in parte, alla 'prova' di Kelvin secondo la quale la terra è un solido rigido; come ricordava Oldham nel 1923, « io stesso posso rammentare che, quando cominciai a lavorare come geologo, non era affatto sconosciuta l'idea secondo cui una buona mole di dati geologici non era comunque inconsistente con la nozione secondo la quale i continenti non avevano sempre occupato, sulla superficie del globo, le posizioni attuali. Eppure posso anche ricordare molto bene che, in quei giorni, nessuno poteva impunemente difendere un'idea del genere. I fisici, i quali ci avevano dapprima imposto la nozione di un globo igneo con un interno allo stato fuso circondato da una crosta sottile, avevano cambiato punto di vista ed insistevano su una sfera solida portata ad una certa temperatura, e non ci lasciavano spazio, per quanto riguardava la causa delle diverse strutture e delle modificazioni a noi note in geologia, se non per fare appello al lento raffreddamento e alla lenta contrazione di questo globo solido: ogni concezione di deriva dei continenti era incompatibile con questa teoria. Si trattava di idee talmente radicate che non si poteva assolutamente chiedere a qualcuno che fosse interessato alla propria reputazione in termini di buon senso scientifico di avventurarsi al punto da difendere un qualcosa di simile alla teoria che, oggi, Wegener è stato capace di far avanzare »[43].

Malgrado trionfi occasionali, come la teoria sull'origine del sistema solare elaborata dal geologo T. C. Chamberlin[44] e qualche messaggio ispirato quale quello di Lewis Bauer ('Plea for Terrestrial and Cosmical Physics'[45]), il declino della geologia rispetto alla fisica fu accelerato dal fiorire della fisica atomica nei primi decenni del ventesimo secolo. Il fatto che, nel secolo precedente, i fisici fossero giunti a conclusioni grossolanamente errate sull'età della terra e ad una valutazione in qualche modo esagerata della sua solidità aveva un significato di poca portata, se si teneva conto del fatto che ora essi avevano acquisito dei mezzi sperimentali e delle tecniche teoriche potentissimi che potevano essere utilizzati per compiere ricerche su quel problema come su molti altri. Mancando di metodi propri e affidabili i geologi dovevano imparare fisica oppure per-

dere tempo in raccolte di dati e in controversie sterili.

Anche se non sono entrato nei dettagli della professione di geologo durante il ventesimo secolo e non posso pertanto offrire alcuna considerazione ben definita a proposito dei motivi per cui essa (insieme alle scienze planetarie in generale) ha perso tanto prestigio nell'ambito della comunità scientifica, alcune conferme del quadro complessivo sono date dall'interessantissimo libro che Henry Menard ha recentemente pubblicato[46]. Secondo Menard, la geologia era moribonda nel periodo approssimativamente compreso tra il 1860 e il 1940 in quanto le mancavano le tecniche che erano necessarie per risolvere i suoi problemi rilevanti. « I pionieri del diciannovesimo secolo identificarono dei grandi problemi e li seppero risolvere nei casi in cui quei problemi erano risolubili con i mezzi che erano a disposizione. I geologi che vennero dopo erano presumibilmente dotati di pari intraprendenza e intelligenza, ma furono inevitabilmente costretti a lavorare su questioni superficiali sino a che non furono fabbricati nuovi strumenti »[47]. I geologi del ventesimo secolo si abituarono a proseguire su interminabili controversie attorno a problemi che essi non erano in grado di risolvere.

Assumendo la geologia di tale periodo come paradigma di «scienza dormiente», Menard osserva che « l'inglese si deteriora per quanto riguarda lo sviluppo dello stile. Fiorisce il gergo professionale. Una parte crescente della produzione consiste di citazioni di citazioni, mentre le bibliografie diventano sempre più lunghe e le citazioni stesse invecchiano sempre più »[48]. Si tratta di asserzioni che Menard ha tentato di documentare, almeno in parte, per mezzo di una vasta analisi statistica. Egli sostiene, inoltre, che i tempi di pubblicazione stanno allungandosi: da due o tre mesi dopo la ricezione di un manoscritto nel 1890 sino a 18 mesi nel 1950 per quanto riguarda il *Bulletin of the Geological Society of America*. Il Congresso Internazionale di Geologia chiedeva gli *abstracts* degli articoli con un anticipo di due anni rispetto alle date dei convegni. Il risultato di tutta questa inerzia burocratica consistette in ciò: quando si ebbe la rinascita nelle scienze della terra, i nuovi addetti alle ricerche rifiutarono di essere definiti come 'geologi' e diedero invece forme organizzative a diverse discipline la cui denominazione veniva ricavata unendo con un trattino i nomi di settori scientifici diversi.

VERSO UNA RINASCITA? - IV

A partire dal 1970 la situazione ha cominciato a modificarsi, nel senso che l'attenzione sia del grosso pubblico, sia degli scienziati, ha mostrato i primi segni d'interesse per ricerche in *plate tectonics* e in altri settori della nuova 'rivoluzione nelle scienze della terra'. Nel 1972 il geofisico Leon Knopoff così riassumeva ciò che era accaduto: « Un secolo fa la geologia — sotto l'impatto della teoria dell'evoluzione, dell'elaborazione dei principi della stratigrafia e di esplorazioni vaste — costituiva forse l'area scientifica più stimolante. Con il passare degli anni le attività di tipo geologico furono messe in ombra da sconvolgenti scoperte in chimica, fisica, biologia e astronomia. Le recenti e nuove scoperte relative alla terra solida hanno fatto sì che: *a*) le scienze della terra sono nuovamente collocate ai confini avanzati della ricerca; *b*) settori della geologia e della geofisica che erano prima distinti sono ora unificati; e *c*) il morale di geologi e di geofisici si è rinvigorito. Il nuovo risveglio nelle scienze della terra sta attirando molti giovani di talento nel contesto di questa importantissima area scientifica »[49].

I fisici hanno lentamente modificato il proprio atteggiamento. Nel 1971 l'*American Institute of Physics* ha accettato, come società affiliata, l'*American Geophysical Union*[50]. Nel 1973 Philip Morse, nel ritirarsi da presidente dell'*American Physical Society*, si è chiesto: « Forse che la fisica è troppo cresciuta verso il proprio interno e basta? ». Ed ha raccontato, con evidente disapprovazione, un aneddoto a proposito di un giovane fisico (Ph. D.)

che si era unito ad un gruppo di ricerca in geofisica e che era stato più tardi salutato dal capo del suo vecchio dipartimento come « il giovane che ha venduto l'anima al diavolo ». Morse ha definito la fisica della terra come un « campo vasto ed aperto » ed ha sottolineato come il problema dell'atmosfera possa essere degno di considerazione: « Esistono, ovviamente, molti meteorologi competenti che stanno lavorando sul problema, ma un'iniezione di fisici, portatori di nuovi punti di vista, potrebbe trasformarlo rapidamente e chiarirlo »[51].

La motivazione che poteva spingere i fisici a fare il loro ingresso nella scienza planetaria era qualcosa più di una necessità economica; alcuni tra loro furono attirati secondo le seguenti note ispirate di Athelstan Spilhaus: molti scienziati, scriveva nel 1974, « diventano geofisici senza neppur essere consapevoli della transizione. Un fisico che sta studiando le fasi in equilibrio ad alte pressioni viene un giorno a sapere di star lavorando su materiali probabilmente simili a quelli che componevano le zone interne della terra. Nel lavorare con dei geologi e con dei geofisici, con lo scopo di sviluppare modelli di ciò di cui non siamo ancora riusciti ad avere campionature, egli è continuamente attratto, grazie al fascino dei segreti della terra, verso una convergenza globale con la geoscienza [...]. La necessità di collaborazione tra individui, tra discipline e tra nazioni è una caratteristica fondamentale della geofisica che, in un certo senso, la pone al di sopra delle scienze di base e le dona un aspetto stimolante di tipo unico nella realizzazione, anche quando il progresso sembra ritardare »[52].

Ma la rinascita della scienza planetaria dipende anche da una modificazione nell'atteggiamento verso ciò che è 'fondamentale' — e cioè verso ciò che è importante e degno del massimo impegno. Sino a che noi identificheremo il fondamentale con il 'puro' — e cioè con ciò che è valido in ogni tempo e in ogni luogo, e non per questo pianeta ed ora, nella storia dell'universo — la scienza planetaria continuerà ad essere sottostimata.

Uno dei benefici che provengono dallo studio della storia della scienza è dato dalla scoperta che la definizione di ciò che è fondamentale è essa stessa dipendente dal tempo e dal luogo; l'idea che la conoscenza della terra sia meno importante della conoscenza delle stelle o degli atomi non è stata sempre accettata nel passato, e non lo sarà necessariamente in futuro.

S. G. B.

Traduzione: E. Bellone - Tortona

RINGRAZIAMENTI

Questo articolo deriva in parte da una relazione elaborata per il seminario della Hunt Foundation su « The Place of the Geophysical Sciences in 19th-Century Natural Philosophy», svoltosi a Pittsburgh nel 1974, una cui versione riveduta forma un capitolo del mio libro The Temperature of History, *1978. Queste parti vengono qui utilizzate con l'autorizzazione dell'Editore, Burt Franklin di New York. La National Science Foundation e la National Aeronautics and Space Administration hanno finanziato le mie ricerche su tale argomento.*

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Per quanto riguarda degli esempi di punti di vista correnti tra storici della scienza, si vedano: T. S. Kuhn, *The History of Science*, in International Encyclopedia of the Social Sciences, Vol. 14, pp. 74-83, Macmillan, 1968; A.R. Hall, *Can the History of Science be History?*, in The British Journal for the History of Science, Vol. 4, 1969, pp. 207-220.

2 Il termine è adattato da H. Butterfield, *The Whig Interpretation of History*, Bell, 1931.

3 Sulla superiorità della geologia rispetto alla fisica in America durante il diciannovesimo secolo, si veda: D. J. Kevles, *The Physicists*, Knopf, 1978, pp. 37-38.

4 Delle annotazioni sprezzanti sulla scienza planetaria (intesa come 'puramente descrittiva piuttosto che fondamentale') si possono trovare in articoli di H. S. Miller, *Scientific Endeavour in a Democratic Context*, in Science, Vol. 174, 1971, pp. 396-397; S. Coben, *The Scientific Establishment and the Transmission of Quantum Mechanics to the United States, 1919-1932*, in American Historical Review, Vol. 76, 1971, pp. 442-466; R. V. Bruce, *A Statistical Profile of America Scientists, 1846-1876*, in G. H. Daniels (ed.), *Nineteenth-Century American Science*, North-

western University Press, 1972, pp. 63-94, vedere pp. 69-70).

5 F. J. DYSON, *The Future of Physics*, in Physics Today, Vol. 23, n. 9, settembre 1970, pp. 23-28.

6 F. L. WILSON, Recensione di *Invention of the Meteorological Instruments* (Middleton), in Physics Today, Vol. 23, n. 9, settembre 1970, p. 53.

7 H. R. CRANE, *Opportunities in Geophysics*, in Physics Today, Vol. 24, n. 2, febbraio 1971, pp. 23-26 (p. 26).

8 D. S. GREENBERG, *The Politics of Pure Science*, New America Library, 1967, capitolo IX.

9 PHYSICS SURVEY COMMITTEE, *Physics: Survey and Outlook*, National Academy of Sciences - National Research Council, 1966; si veda la *'letter of transmittal'*.

10 M. J. MORAVCSIK, *A Refinement of Extrinsic Criteria for Scientific Choice*, in *Research Policy*, Vol. 3, 1974, pp. 88-97. Per quanto riguarda la definizione alternativa su citata, si veda: A. WEINBERG, *Criteria for Scientific Choice*, in *Minerva*, Vol. 1, 1963, pp. 159-171.

11 N. COPERNICUS, *On the Revolution of the Heavenly Spheres*, traduzione di C. G. Wallis, in *Great Books of the Western World*, Vol. 16, Encyclopedia Britannica, Inc., 1939, p. 510. (La traduzione riportata nel testo italiano è di C. Vivanti, in N. COPERNICO, *De Rivolutionibus Orbium Coelestium*, a cura di A. KOYRÉ, Einaudi, 1975, p. 29).

12 I. NEWTON, *Principia*, traduzione di Motte rivista da Cajori, University of California Press, 1934, p. XVII.

13 T. B. JONES, *The Figure of the Earth*, Coronado Press, 1967, p. 12; H. BROWN, *Science and the Human Comedy*, University of Toronto Press, 1976, capitolo 8.

14 T. L. HANKINS, *Jean d'Alembert, Science and the Enlightenment*, Clarendon Press, 1970, p. 46.

15 *Ibid.*, p. 42.

16 T. HALL, *Carl Friedrich Gauss*, MIT Press, 1970, p. 90.

17 A. I. MILLER, *The Myth of Gauss' Experiment on the Euclidean Nature of Physical Space*, in Isis, Vol. 63, 1972, pp. 345-348.

18 A. V. HUMBOLDT, *Cosmos*, traduzione di E. C. Otté, London, 1884, p. 157.

19 H. GUERLAC, *Lavoisier, Antoine-Laurent*, in *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. VIII, Scribner's Sons, 1973, pp. 66-91 (p. 66, p. 68).

20 R. SIEGFRIED, *Lavoisier's View of the Gaseous State and its Early Application to Pneumatic Chemistry*, in Isis, Vol. 63, 1972, pp. 59-78.

21 J. J. VAN SPRONSEN, *The Periodic System of Chemical Elements: History of the First Hundred Years*, American Elsevier, 1969.

22 Ironicamente, quell'argomento fu prescelto da James Challis, l'astronomo di cui ancora si condanna l'ottusità per il fallimento incontrato da Adams nell'ottenere l'attribuzione della scoperta di Nettuno.

23 *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, Cambridge University Press, 1890. Per quanto riguarda i dati a favore della connessione tra il problema degli anelli di Saturno e la viscosità dei gas nel pensiero di Maxwell, si vedano le sue lettere a P. G. Tait (21 novembre 1857) e a G. G. Stokes (7 settembre 1858): queste lettere, insieme ad altro materiale correlato, saranno pubblicate in un prossimo libro sulle lettere e sui manoscritti di Maxwell edito da S. G. Brush, C. W. F. Everitt e E. W. Garber. Il modello saturniano di Maxwell ispirò alcuni dei modelli sull'atomo agli inizi del ventesimo secolo, con particolare riferimento a quello di H. Nagaoka. Più in generale, lo sviluppo che nel diciannovesimo secolo si ebbe nella teoria dinamica al fine di analizzare le orbite planetarie fu di gran valore per la formulazione della teoria dei quanti; si veda M. JAMMER, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, 1966, pp. 101-103, 215-217; J. L. HEILBRON, *Lectures on the History of Atomic Physics 1900-1922*, in C. WEINER (ed.), *History of Twentieth Century Physics*, Società Italiana di Fisica - Academic Press, 1977, pp. 40-108 (pp. 57-58).

24 Cfr. A. THACKRAY, *John Dalton: Critical Assessments of his Life and Work*, Harvard University Press, 1972, pp. 64-88; G. MANLEY, *Dalton's Accomplishments in Meteorology*, in D. S. CARDWELL (ed.), *John Dalton and the Progress of Science*, Barnes & Noble, 1968, pp. 140-158.

25 R. FOX, *The Caloric Theory of Gases from Lavoisier to Regnault*, Clarendon Press, 1971, p. 71. P. S. DE LAPLACE, *Celestial Mechanics*, traduzione di N. Bowditch, Chelsea, 1966, Vol. 4, p. 527.

26 J. DALTON, *Meteorological Observations and Essays*, seconda edizione, Baldwin & Craddock, 1834, p. 76. H. W. DOVE and L. MOSER, *Repertorium der Physik*, Veit & Comp., 1837-1849, Vol. III, pp. 330-339. J. F. W. HERSCHEL, *Meteorology*, dall'*Encyclopedia Britannica*, Black, 1861, p. 22 sgg.

27 J. HERAPATH, *Sir H. Davy and Mr. Herapath*, in The Times, 10 gennaio 1826, p. 3; *Fall of Temperature in Ascending the Atmosphere*, in Railway Magazine (nuova serie), Vol. 1, 1836, p. 19; *Mathematical Physics*, Whittaker & Co., and Herepath's Railway Journal Office, 1847, Johnson Reprint, 1972, Libro III, Sect. IV. J. J. WATERSTON, *On the Physics of Media that are Composed of Free and Perfectly Elastic Molecules in a State of Motion*, in Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 183A, 1893 (presentato nel 1845), pp. 5-79, Sect. V.

28 S. G. BRUSH, *The Kind of Motion We Call Heat*, North-Holland, 1976, pp. 347-351.

29 K. SCHNEIDER-CARIUS, *Wetterkunde Wetterforschung*, Verlag Karl Alber, 1955, pp. 308-309. A. KH. KHRGIAN, *Meteorology: A Historical Survey*, seconda edizione, Israel Program for Scientific Translations, 1970, Vol. 1, pp. 282-285.

30 S. G. BRUSH, *The Kind of Motion We Call Heat*, cap. 13.

31 W. THOMSON, *On Geological Time*, in *Transactions of the Geological Society of Glasgow*, Vol. 3, 1868, pp. 1-28, cit. da *Popular Lectures and Addresses* dello stesso autore, seconda edizione, Macmillan, 1894, Vol. 2, pp. 10, 44.

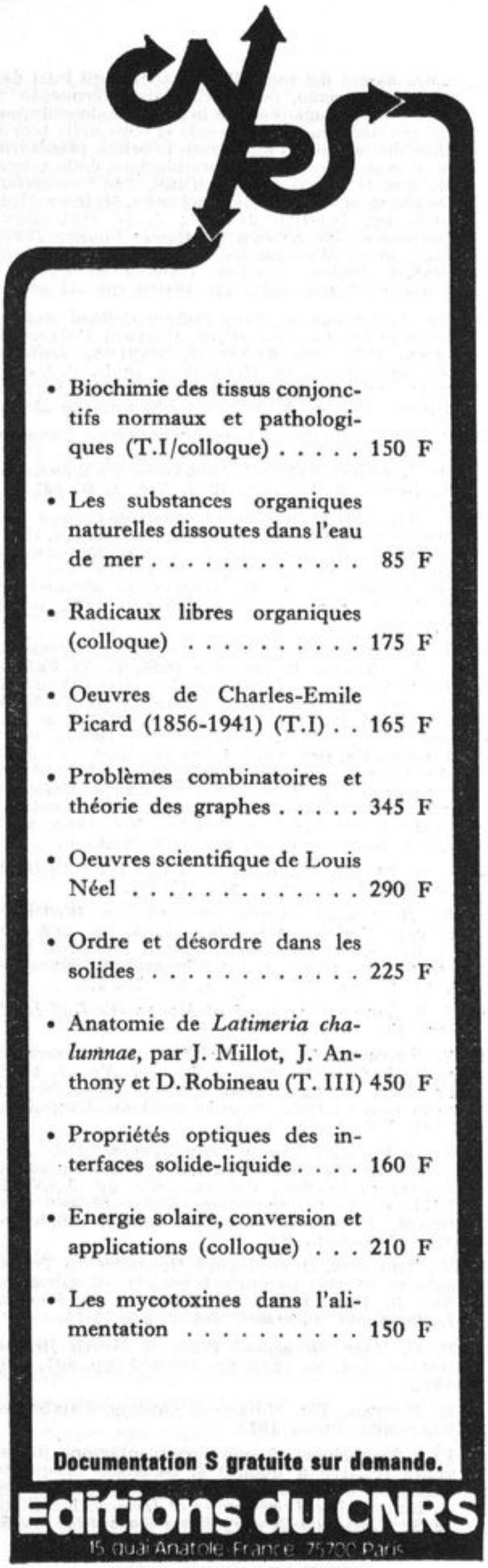
32 T. H. HUXLEY, *Anniversary Address of the President*, in Quarterly Journal of the Geological Society of London, Vol. 25, 1869, pp. XXVIII-LIII; citato da *Discourses Biological and Geological, Essays*, dello stesso autore, Appleton, 1896, Vol. 8, p. 306.

33 W. THOMSON, *Of Geological Dynamics*, in Transactions of the Geological Society of Glasgow, Vol. 3, 1871, pp. 215-238; citato da *Popular Lectures and Addresses*, Vol. 2, pp. 74-75.

34 P. G. TAIT, *Geological Time*, in North British Review, Vol. 50, 1869, pp. 406-439 (pp. 407, 408, 409).

35 R. PORTER, *The Making of Geology*, Cambridge University Press, 1977.

36 Una discussione ed una documentazione dettagliate relative a quanto si asserisce in questo paragrafo e nel successivo si può trovare in: S. G. BRUSH, *The Temperature of History*, Franklin, 1978; *Nineteenth-Century Debates about the Inside*



- Biochimie des tissus conjonctifs normaux et pathologiques (T.I/colloque) . . . . . 150 F
- Les substances organiques naturelles dissoutes dans l'eau de mer . . . . . 85 F
- Radicaux libres organiques (colloque) . . . . . 175 F
- Oeuvres de Charles-Emile Picard (1856-1941) (T.I) . . 165 F
- Problèmes combinatoires et théorie des graphes . . . . . 345 F
- Oeuvres scientifique de Louis Néel . . . . . 290 F
- Ordre et désordre dans les solides . . . . . 225 F
- Anatomie de *Latimeria chalumnae*, par J. Millot, J. Anthony et D. Robineau (T. III) 450 F
- Propriétés optiques des interfaces solide-liquide . . . . 160 F
- Energie solaire, conversion et applications (colloque) . . . 210 F
- Les mycotoxines dans l'alimentation . . . . . 150 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS

15, quai Anatole-France, 75700 Paris

CCP Paris 9061-11 • Tel 555 92.25

of the Earth: Solid, Liquid, or Gas? (in corso di stampa in Annals of Science, 1979);J. D. BURCHFIELD, *Lord Kelvin and the Age of Earth*, Science History Publications, 1975.

37 « Il problema della temperatura della terra mi è sempre apparso come uno dei maggiori temi della ricerca cosmologica, e, nello stabilire la teoria matematica del calore, l'ho sempre tenuto presente in modo privilegiato ». J. B. J. FOURIER, *Mémoire sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires*, in Mémoires de l'Academie Royale des Sciences de l'Institut de France, Vol. 7, 1827, pp. 570-604, citato da *Oeuvres de Fourier*, Gauthier-Villars, 1890, Vol. 2, p. 114.

38 J. BARREL, *Rhythms and the Measurement of Geologic Time*, in Bulletin of the Geologic Society of America, Vol. 28, 1917, pp. 745-904 (p. 871).

39 D. B. KITTS, *The Theory of Geology*, in C. C. ALBRITTON, Jr. (ed.), *The Fabric of Geology*, Geological Society of America, 1963, pp. 49-69 (p. 60).

40 D. B. KITTS, *Physical Theory and Geological Knowledge*, in Journal of Geology, Vol. 82, 1974, pp. 1-23 (p. 8). Sia questo articolo, sia quello citato nella nota precedente, sono ristampati in D. B. KITTS, *The Structure of Geology*, SMU Press, 1977.

41 Per ulteriori dati su questo punto, si veda D. B. KITTS, *The Structure of Geology*, pp. 110-114.

42 L. WILSON, *The Intellectual Background to Charles Lyell's 'Principles of Geology'*, in C. J. SCHNEER (ed.), *Toward a History of Geology*, MIT Press, 1969, pp. 426-443 (pp. 427, 430).

43 R. D. OLDHAM, *Discussion remarks*, in Geographical Journal, Vol. 61, 1923, pp. 188-190. La teoria della solidità è anche stata criticata a causa del fallimento dei geologi nel cogliere la connessione tra terremoti e faglie; si veda D. P. MC KENZIE, *Plate tectonics and its relationship to the evolution of ideas in the geological sciences*, in Daedalus, Vol. 106, n. 3, 1977, pp. 97-124 (p. 111).

44 Si veda S. G. BRUSH, *A Geologist among Astronomers: The Rise and Fall of the Chamberlin-Moulton Cosmogony*, in Journal for the History of Astronomy, Vol. 9, 1978, pp. 1-41, 77-104.

45 L. P. BAUER, *A Plea for Terrestrial and Cosmical Physics*, in Science, Vol. 29, 1909, pp. 566-570. Cfr. con A. SCHUSTER, *The Progress of Physics During 33 Years*, Cambridge University Press, 1911, p. 118. Per ulteriori discussioni sul dominio della fisica su altre scienze, si veda C. F. A. PANTIN, *The Relations Between the Sciences*, Cambridge University Press, 1968, pp. 18-21; R. WHITLEY, *Changes in the Social and Intellectual Organisation of the Sciences: Professionalization and the Arithmetic Ideal*, in E. MENDELSOHN *et al.* (eds.), *The Social Production of Scientific Knowledge*, Reidel, 1977, pp. 143-169.

46 H. MENARD, *Science: Growth and Change*, Harvard University Press, 1971.

47 *Ibid.*, p. 144.

48 *Ibidem.*

49 L. KNOPOFF, *Significance and Achievements of the Upper Mantle Project*, in ICSU Bullettin, n. 27, settembre 1972, pp. 3-7 (pp. 4-5).

50 *Physics Today*, Vol. 24, n. 6, giugno 1971, p. 63.

51 P. M. MORSE, *Is Physics too Ingrown?*, in Physics Today, Vol. 26, n. 4, aprile 1973, pp. 23-28 (p. 27).

52 A. F. SPILHAUS, Jr., *Geophysics - An Overview*, in Physics Today, Vol. 27, n. 3, marzo 1974, pp. 23-26.

Pourquoi étudie-t-on l'origine de la vie?

FUJIO EGAMI
Institut Mitsubishi-Kasei des Sciences de la vie, Tokyo

D'après Jacques Monod, l'origine de la vie et celle du système nerveux central de l'homme sont les deux frontières actuelles de la connaissance biologique[1].
D'après David E. Green, l'étude de l'origine de la vie, quoique romantique, n'est pas scientifique[2].

L'intérêt même d'une étude de l'origine de la vie est controversé. Et pourtant depuis la naissance de toute civilisation l'homme caresse le désir de connaître son origine et l'origine de la vie. Ce qui est nouveau, c'est l'approche objective et scientifique de ces questions fondamentales: Qu'est ce que la vie et qu'est ce que l'homme? Mais ce problème est intimement lié à la philosophie de la vie de chacun. Voici la signification la plus générale de l'étude de l'origine de la vie: et pourtant certains savants la considèrent comme un rêve romantique et non pas comme un problème scientifique soluble dans un avenir plus ou moins proche. A. I. Oparin, l'initiateur des recherches actuelles sur l'origine de la vie, a donné une conférence pour le grand public à Tokyo en avril 1977 et au début de sa conférence il a présenté en quelques mots la signification de l'étude de l'origine de la vie: « Plus la connaissance humaine s'approche du mystère de la vie, plus la santé, la longévité et le bien-être humain seront établis. Et pour approcher le mystère de la vie, il ne suffit pas d'étudier les organismes vivants actuels, car on ne pourra découvrir ainsi ce qui donne à un organisme sa structure si parfaitement téléonomique[3]. Il faut plutôt étudier le développement de la matière, tel que l'on peut le formuler ci-dessous:

Matière → Vie → Intellect

La voie qui conduit de la vie à l'intellect est tout simplement l'évolution biologique étudiée depuis l'époque de Ch. Darwin. La voie menant de la matière à la vie constitue l'étude de l'origine de la vie et c'est une étape indispensable dans le développement de la matière à l'intellect, indispensable également pour notre compréhension de ce dernier »[4].

L'étude de l'origine de la vie est un moyen d'élever la biologie au niveau d'une science universelle comme la physique ou la chimie. Voici la deuxième signification de l'étude de l'origine de la vie.

La biologie traditionnelle n'est qu'une biologie strictement terrestre et n'est pas une science universelle. Les lois et les notions fondamentales en physique et en chimie, de la loi de la conservation de l'énergie jusqu'à la notion de la composition atomique de l'eau, peuvent être regardées comme appliquables à tout l'univers. Tandis que les notions les plus fondamentales en biologie, telles la conception que tous les organismes sont formés de cellules ou la notion que protéines et acides nucléiques sont des composants essentiels de tout organisme vivant, ne peuvent pas être regardées comme des notions exactes pour les organismes extraterrestres, s'ils existent. En un mot, la biologie traditionnelle est une biologie terrestre. Lorsqu'elle atteindra la dimension cosmique, elle rejoindra les sciences universelles telles que la physique et la chimie.

Une voie d'accès à la biologie cosmique est naturellement la recherche de la vie elle-même, ou d'un précurseur voire d'un résidu de la vie dans les autres corps célestes. C'est l'objet des missions Viking sur Mars. Mais ce n'est pas la seule voie. En ce sens l'étude de l'origine de la vie terrestre est aussi importante. Plus généralement, on accédera à la biologie universelle en cherchant une conception qui rende compte de l'évolution de la Terre dans l'évolution de l'univers, mais qui rende compte aussi de l'évolution biologique sur la Terre. Ici les plus en retard du point de vue scientifique sont les recherches sur l'évolution chimique et l'origine de la vie. Les êtres vivants sont des produits historiques ou, si l'on préfère, des produits de l'évolution. Les sciences qui traitent de l'histoire des organismes, telles la paléontologie et l'évolutionnisme, s'attachent surtout aux caractères qui différencient des organismes vivants dans des conditions différentes, et négligent la caractéristique fondamentale de la vie et les caractères communs de tous les organismes vivants.

Quelle est cette caractéristique fondamentale de la vie? C'est d'abord, vue en courte période biologique, la structure et la fonction téléonomique qui conduisent à la conservation de l'individu et de l'espèce. Fondamentalement on trouve donc un transfert d'information et une transformation téléonomique de matière et d'énergie. En d'autres termes, l'autoreproduction et le métabolisme rendent possible la conservation de l'espèce. La biochimie et la biologie moléculaire ont montré que les mécanismes chimiques de toutes les fonctions fondamentales sont les mêmes, en principe, pour tous les organismes vivants. Il est donc important d'élucider les racines de ces fonctions.

La caractéristique fondamentale de la vie, vue en longue periode géologique, est l'évolution. La théorie de l'évolution de Darwin est certainement la plus remarquable acquisition des sciences biologiques. Cent vingt ans ont passé depuis lors. Durant cette période les contributions des biologistes au développement de l'évolutionnisme ont été énormes: toutefois il me semble que les chercheurs ont observé et discuté presque exclusivement la diversité des organismes et ont négligé l'étude de l'unité de ces organismes et leurs caractères communs. On a discuté l'apparition des caractères différents des divers organismes en relation avec des conditions

d'environnement différentes. Mais jusqu'à présent l'évolutionnisme ne nous a pas montré comment les caractères communs de tous les organismes ont été établis en relation avec la structure et les caractéristique de la Terre et de l'univers. L'évolutionnisme, par exemple, ne rend pas compte du processus qui a conduit à l'utilisation universelle par tous les organismes terrestres — y compris les virus — des protéines et des acides nucléiques comme substances essentielles. La connaissance de ce processus nous aiderait à comprendre les racines de la vie actuelle.

Après la dernière guerre mondiale la biologie a subi des changements remarquables. Le plus grand changement est la naissance et le développement de la biologie moléculaire. Le symbole de la biologie moléculaire est la double hélice de Watson et Crick. On a établi successivement que la substance essentielle du gène est l'ADN, que l'ADN a une structure de double hélice, puis que l'information génétique est inscrite sur l'ADN sous la forme d'une séquence de nucléotides, et enfin que la base de l'hérédité et l'autoreproduction est une interaction moléculaire lors de la réplication de l'ADN. Voilà vraiment une acquisition remarquable et cependant j'y trouve la caractéristique ou la limite de la biologie moléculaire classique: c'est d'analyser les mécanismes moléculaires des structures et des fonctions des organismes présents. Le point de départ est l'ADN donné par la nature. La biologie moléculaire ne nous montre pas les processus historiques, par lesquels la nature a utilisé l'ADN comme substance génétique, a inscrit l'information génétique sous la forme d'une séquence de nucléotides, et comment la nature a choisi les quatre bases, A, G, C, et T. Il en va de même des protéines. La biologie moléculaire a élucidé la relation entre la structure — séquence des acides aminés et structure tri-dimensionelle — et l'activité catalytique des enzymes. Mais on ne connaît pas le processus historique qui a conduit à l'utilisation des protéines comme catalyseurs biologiques. On ne sait même pas comment la nature a choisi les vingt acides aminés constituants des protéines. Voici précisément la limite de la biologie moléculaire traditionnelle. Ce que nous savons de l'ATP est un autre exemple de cette limite. Nous savons que l'ATP est le plus important réservoir d'énergie de tout organisme vivant. Nous connaissons également le mécanisme moléculaire de la libération d'énergie par l'hydrolyse de l'ATP. Cependant ni la biochimie ni la biologie moléculaire n'ont éclairci le processus historique de l'introduction de l'ATP dans la biosphère.

En résumé l'évolutionnisme traditionnel et la paléontologie traitent des processus historiques du développement des caractères différenciant les organismes et négligent ceux des caractères communs de tous les organismes. Tandis que la biologie moléculaire traite surtout les mécanismes moléculaires communs de tous les organismes, elle néglige les processus historiques de leur développement.

L'élucidation de l'histoire des caractères communs des organismes est le seul moyen d'élever la biologie au niveau des sciences universelles telles

que la physique et la chimie. Seule l'étude de l'évolution chimique, de l'origine de la vie et de la première évolution biologique peuvent conduire à l'établissement des caractères communs de tous les organismes terrestres. Voici la deuxième signification de l'étude de l'origine de la vie.

On pourrait se demander si l'on parviendra jamais à élucider l'origine de la vie, mais au cours des recherches scientifiques qui ont pour but d'y arriver on peut espérer éclaircir les racines de ces caractère communs à tous les organismes. Ce sera déjà une grande acquisition.

En effet après la publication bien connue d'Oparin[5], un nombre croissant de chercheurs de différentes disciplines se sont intéressés à l'évolution chimique et à l'origine de la vie: S. Akabori, J. D. Bernal, M. Calvin, S. W. Fox, S. L. Miller, L. E. Orgel, J. Oró, C. Ponnamperuma, C. Sagan, J. W. Schopf *et al.* [6,7,8,9].

Et les résultats de ces recherches vont s'incorporer dans la conception scientifique qui embrasse tout le développement de l'univers: l'origine et l'évolution de l'univers, l'origine et l'évolution de la Terre dans l'univers, et l'origine et l'évolution de la vie sur la Terre. On pourra même espérer en déduire la forme de vie, si elle existe, adaptée à d'autres corps célestes.

Enfin je voudrais surtout insister sur la troisième signification des recherches sur l'évolution chimique qui conduit à l'origine de la vie. Cet aspect n'a pas été discuté jusqu'à présent: prendre modèle sur l'évolution chimique par laquelle la nature a créé la vie magnifique pour innover en chimie et dans l'industrie chimique.

La synthèse de la vitamine B_{12} est un brillant succès de R. B. Woodward, le plus grand spécialiste de la synthèse organique. Il lui a fallu dix ans pour compléter cette splendide entreprise en collaboration avec les jeunes organiciens de divers pays. Cependant dans la biosphère, cette synthèse est réalisée facilement par les bactéries les plus primitives, les *Clostridia*. Cette faculté de synthèse chimique des bactéries primitives n'est pas apparue subitement après l'origine de la vie, mais elle est le résultat de progrès accomplis pendant la durée de l'évolution chimique et de l'évolution biologique première. Lorsque nous connaîtrons les processus d'établissement de cette magnifique faculté de synthèse, nous pourrons les imiter et même les améliorer. Voici la troisième raison d'étudier l'origine de la vie, et en particulier l'évolution chimique qui a conduit à l'origine de la vie.

Quelles doivent être la chimie et l'industrie chimique du futur? Il leur faudra être en harmonie avec la nature et la vie et il leur faudra économiser l'énergie. Pour répondre à cette demande, nous devons apprendre l'essence de la chimie des organismes vivants.

La caractéristique de la chimie dans la biosphère est la synthèse chimique à des conditions modérées, par la transformation énergétique dans les systèmes ordonnés polymoléculaires complexes, finalement aux dépens de l'énergie propre fournie par le soleil. C'est certainement une chimie en harmonie avec la nature, la vie, et l'humanité.

Je crois que le développement des systèmes ordonnés polymoléculaires

pendant la durée de l'évolution chimique a conduit finalement à l'origine de la vie et à la magnifique faculté de synthèse chimique des organismes vivants.

Le système ordonné polymoléculaire est, en d'autres termes, le système chimique au niveau moléculaire ou plus simplement le système chimique moléculaire.

Prenons un exemple simple: la fermentation alcoolique par l'extrait de levure. Le bilan matériel de la réaction est:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,ADP + 2\,Pi \rightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + 2\,ATP.$$

La caractéristique des réactions chez les organismes vivants y apparaît immédiatement. D'abord c'est un système multimoléculaire qui contient 13 enzymes, divers cofacteurs organiques et minéraux outre les substrats de la réaction. Malgré la complexité du système, il n'y a presque pas de désordre grâce à l'information apportée par la spécificité des enzymes et toutes les réactions s'effectuent dans des conditions douces. Enfin, et c'est le plus important, il y a formation d'ATP, substance thermodynamiquement instable en solution aqueuse. Tout ceci est rendu possible par les échanges matériels et énergétiques au niveau du système chimique moléculaire. La faculté des *Clostridia* de synthétiser la vitamine B_{12} dépend aussi de la collaboration d'enzymes spécifiques formant un système multicatalytique.

C'est pourquoi je propose d'étudier l'évolution chimique, c'est à dire le processus d'établissement du système chimique moléculaire. En prenant pour modèle l'évolution chimique, nous allons développer d'abord un système chimique simple puis un système chimique avancé qui rendra possible par exemple la synthèse de la vitamine B_{12} sans difficulté.

Surtout de ce point de vue, depuis trois ans nous étudions l'évolution chimique dans la mer primordiale[10], d'où la vie a évolué[11]. Plus exactement nous essayons de la reproduire ou plutôt de la produire en l'améliorant. L'évolution chimique dans la mer primordiale a certainement duré quelques centaines de millions d'années. Il nous faut donc enormément accélérer les réactions. Pour cela nous avons augmenté de 1.000 à 100.000 fois la concentration des ions des éléments de transition (Fe^{3+}, Zn^{2-}, $Mo0^{2}_{4}{}^{-}$, Cu^{2+}, Mn^{2+}, et Co^{2+}), qui jouèrent probablement le rôle de catalyseurs de l'évolution chimique dans la mer primordiale. C'est un système multicatalytique. Dans ce milieu (milieu marin modifié) sous une atmosphère d'azote à 105 °C, nous avons obtenu à partir de formaldéhyde (composé en C_1) et d'hydroxylamine (composé en N_1) des acides aminés tels que la glycine, l'alanine, l'acide glutamique, l'acide aspartique et la proline en quantités remarquables en quelques jours. Nous avons de plus obtenu des produits de condensation-polymérization des acides aminés y compris le plus simple d'entre eux, la glycylglycine, après une dizaine de jours[11,12]. Combien d'étapes de réaction seraient nécessaires en synthèse organique classique pour préparer la proline, l'acide glutamique, ou la glycylglycine à partir d'un composé en C_1 et d'un composé en N_1? Ce qui est surtout surprenant est la formation de la glycylglycine, thermodynamiquement

instable en milieu aqueux. Nos recherches ne sont qu'à leur début, mais j'y vois déjà un germe du système chimique moléculaire et j'y trouve un espoir pour le futur.

En somme, je crois que l'étude de l'évolution chimique nous montrera comment la merveilleuse faculté de synthèse des organismes vivants a été établie pendant l'évolution chimique et l'évolution biologique première. Cette étude nous suggérera une voie vers l'innovation en chimie et dans l'industrie chimique; les synthèses chimiques s'effectueront sans difficulté par les systèmes multicatalytiques en économisant l'énergie et en harmonie avec la nature et la vie. Voici la troisième signification de l'étude de l'origine de la vie.

Je viens donc de montrer trois significations de l'étude de l'origine de la vie. La première intéresse chacun de nous, est très générale et quelque peu philosophique. La deuxième signification est plutôt académique et concerne les scientifiques de différentes disciplines. La troisième est pragmatique et avait été négligée jusqu'ici.

La première et la deuxième, avec des points de vue différents, ont la même méthodologie de recherche; mais la troisième, qui a pour but de réaliser finalement une évolution chimique artificielle supérieure à l'évolution chimique naturelle, doit avoir une méthodologie différente. On peut en effet utiliser des matériaux et des conditions incompatibles avec l'évolution chimique naturelle. On peut, par exemple, utiliser même des éléments tels que Ge, Nb, ou Rh qui étaient absents de la mer primordiale[13].

F. E.

BIBLIOGRAPHIE

1 J. MONOD, *Le hasard et la nécessité*, Editions du Seuil, Paris, 1970, p. 155.

2 D. E. GREEN, *Research on the Origin of Life*, Trends in Biochem. Sc., 1, 1976, pp. 54-55.

3 « Téléonomique » est une expression utilisée à la ref. (1), p. 37.

4 A. I. OPARIN, *Materija, žizn', intellekt* (Matière, vie, intellect), Nauka, Moscou, p. 25 (en Russe).

5 A. I. OPARIN, *The origin of Life on the Earth*, MacMillan, New York, 1938.

6 M. CALVIN, *Chemical Evolution*, Oxford Univ. Press, 1969.

7 S. L. MILLER and L. E. ORGEL, *The Origin of Life on the Earth*, Prentice-Hall, London, 1974.

8 S. W. FOX and K. DOSE, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, Marcel Dekker, Inc., 1977.

9 C. SAGAN, *On the Origin and Planetary Distribution of Life*, Radiation Res., 15, 1961, pp. 174-192.

10. M. HATANAKA and F. EGAMI, *The Formation of Amino Acids and Related Oligomers from Formal dehyde and Hydroxylamine in Modified Sea Mediums Related to Prebiotic Conditions*, Bull Chem. Soc. Japan, 50, 1977, pp. 1147-1156.

11 F. EGAMI, *Chemical Evolution in the Primeval Sea*, Interd. Sc. Rev., en presse (1979).

12 T. OCHIAI, H. HATANAKA, M. VENTILLA, H. YANAGAWA, Y. OGAWA and F. EGAMI, *Experimental Approach to the Chemical Evolution in the Primeval Sea.* I. Formation of Amino Acids and Amino Acid Polymers in Modified Sea Medium, in H. NODA (ed.), *Origin of Life: Proc. 5th Intern. Conf. Origin of Life*, Center for Acad. Publ. Japan, Tokyo, 1978, pp. 135-139.

13 F. EGAMI, *Minor Elements and Evolution*, J. Mol. Evol., 4, 1974, pp. 113-120.

Perché si studia l'origine della vita?

FUJIO EGAMI
Istituto Mitsubishi-Kasei di Scienze della vita, Tokyo

Secondo Jacques Monod, l'origine della vita e l'origine del sistema nervoso centrale dell'uomo sono le due frontiere attuali delle conoscenze biologiche[1].
Secondo David E. Green, lo studio dell'origine della vita, per quanto romantico, non ha carattere scientifico[2].

L'interesse stesso di uno studio dell'origine della vita è controverso. Eppure, fin dagli albori della civiltà l'uomo accarezza il desiderio di conoscere la propria origine e l'origine della vita. Ciò che è nuovo è l'approccio obiettivo e scientifico a questi due interrogativi fondamentali: che cos'è la vita, e che cos'è l'uomo? Si tratta, però, di problemi legati intimamente alla filosofia della vita che ciascuno professa; qui sta appunto il senso più generale dello studio delle origini della vita. Ciò non di meno, certi scienziati considerano tale studio come un sogno romantico, e non come un'indagine su un problema scientifico di cui si possa trovare la soluzione in un futuro più o meno prossimo.
A. I. Oparin, l'iniziatore delle ricerche attuali sull'origine della vita, ha tenuto una conferenza destinata al grande pubblico a Tokyo, nell'aprile del 1977. In apertura del discorso egli ha esposto in poche parole il significato degli studi sull'origine della vita: « Più la conoscenza umana si avvicina al mistero della vita, più l'uomo progredisce nella conquista della salute, della longevità, del benessere. E per accostarsi al mistero della vita non basta studiare gli attuali organismi viventi, poiché ciò non consente di scoprire che cosa conferisce ad un organismo la sua struttura così perfettamente teleonomica[3]. Occorre piuttosto studiare lo sviluppo della materia, che si può formulare nel modo seguente:

Materia → Vita → Intelletto.

Il percorso che conduce dalla vita all'intelletto non è altro che l'evoluzione biologica, così come è stata studiata dall'epoca di Darwin. Il percorso che porta dalla materia alla vita è l'oggetto di coloro che studiano l'origine della vita, e costituisce una tappa indispensabile nello sviluppo che dalla materia conduce fino all'intelletto; indispensabile anche ai fini della nostra comprensione dell'intelletto stesso »[4].

Lo studio dell'origine della vita rappresenta un modo attraverso il quale la biologia può elevarsi al rango di scienza universale, come la fisica o la chimica. In ciò consiste il secondo significato di tale studio.
La biologia tradizionale non è infatti una scienza universale, bensì una disciplina strettamente terrestre. Le leggi e le nozioni fondamentali della fisica e della chimica, dal principio di conservazione dell'energia alla composizione atomica dell'acqua, possono essere considerate come applicabili a tutto l'universo. Per contro, le nozioni più fondamentali della biologia, come il concetto che tutti gli organismi sono formati da cellule, o che le proteine e gli acidi nucleici sono componenti essenziali di ogni organismo vivente, non possono essere considerate valide per gli organismi extraterrestri, ammesso che esistano. In una parola, la biologia tradizio-

nale è una biologia terrestre. Solo quando raggiungerà dimensioni cosmiche essa potrà affiancarsi alle scienze universali come la fisica e la chimica.

Una via d'accesso alla biologia cosmica è naturalmente la ricerca della vita stessa, oppure di un precursore o di un residuo della vita, negli altri corpi celesti. È appunto lo scopo delle missioni Viking su Marte. Ma questa non è l'unica via; grande importanza ha anche lo studio dell'origine della vita terrestre. Più in generale, si potrà accedere alla biologia universale cercando una concezione che renda conto dell'evoluzione della Terra nel quadro dell'evoluzione dell'universo, rendendo conto però anche dell'evoluzione biologica sulla Terra. Sotto questo profilo, le ricerche più in ritardo dal punto di vista scientifico sono quelle sull'evoluzione chimica e l'origine della vita.

Gli esseri viventi sono prodotti storici, o, se si preferisce, prodotti dell'evoluzione. Le scienze che trattano della storia degli organismi, come la paleontologia e l'evoluzionismo, si interessano soprattutto ai caratteri che differenziano gli organismi viventi in condizioni diverse, e trascurano di indagare le caratteristiche fondamentali della vita e i caratteri comuni a tutti gli organismi viventi.

Quali sono queste caratteristiche fondamentali della vita? Anzitutto, se ci si limita a periodi biologici brevi, la struttura e la funzione teleonomica che conducono alla conservazione dell'individuo e della specie. Sostanzialmente, quindi, un trasferimento d'informazione e una trasformazione teleonomica di materia ed energia. In altri termini, sono l'autoriproduzione e il metabolismo a rendere possibile la conservazione della specie. La biochimica e la biologia molecolare hanno mostrato che i meccanismi chimici di tutte le funzioni fondamentali sono, in linea di massima, gli stessi per tutti gli organismi viventi. È quindi importante mettere in chiaro quali siano le radici di queste funzioni.

Se si prendono invece in considerazione i lunghi periodi geologici, la caratteristica fondamentale della vita è l'evoluzione. La teoria dell'evoluzione di Darwin è certamente l'acquisizione più notevole nel campo delle scienze biologiche. Dalla sua formulazione sono passati centoventi anni. In questo lasso di tempo i contributi dei biologi allo sviluppo dell'evoluzionismo sono stati enormi, tuttavia a me sembra che i ricercatori abbiano osservato e discusso quasi esclusivamente le diversità esistenti fra gli organismi, trascurando lo studio dell'unità di tali organismi e dei loro caratteri comuni. Si è studiata la comparsa dei diversi caratteri nei diversi organismi in rapporto con differenti condizioni ambientali; ma fino ad oggi l'evoluzionismo non ci ha mostrato in che modo si sono stabiliti i caratteri comuni a tutti gli organismi, in rapporto alla struttura e alle caratteristiche della Terra e dell'universo. L'evoluzionismo, per esempio, non spiega il processo che ha condotto all'utilizzazione universale, da parte di tutti gli organismi terrestri — compresi i virus —, delle proteine e degli acidi nucleici come sostanze essenziali. La conoscenza di questo processo ci aiuterebbe a capire le radici della vita attuale.

Dopo l'ultima guerra mondiale la biologia ha subito notevoli mutamenti. Il più grande è rappresentato dalla nascita e dallo sviluppo della biologia molecolare, il cui simbolo è la doppia elica di Watson e Crick. Questa disciplina ha accertato, in una serie di fasi successive, che la sostanza fondamentale del gene è il DNA, che il DNA ha una struttura a doppia elica, che l'informazione genetica è inscritta nel DNA sotto forma di sequenze di nucleotidi, e infine che alla base dell'eredità e dell'autoriproduzione c'è un'interazione molecolare che ha luogo durante la replica del DNA. Si tratta di un'acquisizione veramente notevole; ma io ritengo che essa porti con sé anche il limite della biologia molecolare classica: quello di analizzare i meccanismi molecolari delle strutture e delle funzioni degli organismi attuali. Il punto di partenza è l'ADN così come ci è dato dalla natura. La biologia molecolare non ci mostra i processi storici attraverso i quali la natura è giunta ad utilizzare l'ADN come materiale genetico, è pervenuta ad iscrivere l'informa-

zione genetica sotto forma di sequenze di nucleotidi, ed è arrivata a scegliere le quattro basi A, G, C e T. Lo stesso vale per le proteine. La biologia molecolare ha chiarito il rapporto fra la struttura — sequenza di aminoacidi e tridimensionalità — e l'attività catalitica degli enzimi; ma è ignoto il processo storico che ha portato all'utilizzazione delle proteine come catalizzatori biologici. Non si sa neppure in che modo la natura abbia scelto i venti aminoacidi che costituiscono le proteine. Ecco, appunto, il limite della biologia molecolare tradizionale. Un altro esempio di tale limite è rappresentato dalle nostre conoscenze sull'ATP. Sappiamo che l'ATP è la più importante riserva d'energia di tutti gli organismi viventi; conosciamo anche il meccanismo molecolare che libera energia attraverso l'idrolisi dell'ATP. Ma né la biochimica né la biologia molecolare hanno chiarito il processo storico dell'introduzione dell'ATP nella biosfera.

Riassumendo, l'evoluzionismo tradizionale e la paleontologia si occupano dei processi storici che riguardano lo sviluppo dei caratteri che differenziano gli organismi, e trascurano quelli relativi ai caratteri comuni a tutti gli organismi. La biologia molecolare, invece, tratta soprattutto i meccanismi molecolari comuni a tutti gli organismi trascurando i processi storici del loro sviluppo.
Mettere in evidenza la storia dei caratteri comuni a tutti gli organismi è il solo modo per elevare la biologia al livello delle scienze universali quali la fisica e la chimica. Soltanto lo studio dell'evoluzione chimica, dell'origine della vita e dei primordi dell'evoluzione biologica può portare alla scoperta dei caratteri comuni a tutti gli organismi terrestri. Ecco il secondo significato dello studio sull'origine della vita.
È lecito chiedersi se sarà mai possibile chiarire completamente l'origine della vita, tuttavia si può sperare, nel corso delle ricerche scientifiche che si propongono tale obiettivo, di mettere almeno in evidenza le radici dei caratteri comuni a tutti gli organismi. Sarà già una grande conquista.
In effetti, dopo la ben nota pubblicazione di Oparin[5], ricercatori di discipline diverse si sono sempre più spesso interessati ai temi dell'evoluzione chimica e dell'origine della vita. Fra loro si possono citare S. Akabori, J. D. Bernal, M. Calvin, S. W. Fox, S. L. Miller, L. E. Orgel, J. Oró, C. Ponnamperuma, C. Sagan, J. W. Schopf *et al.*[6,7,8,9].
I risultati di tali ricerche vanno ad arricchire quella visione scientifica che abbraccia l'intero sviluppo universale: l'origine e l'evoluzione dell'universo, l'origine e l'evoluzione della Terra nell'universo, e infine l'origine e l'evoluzione della vita sulla Terra. È possibile anche nutrire la speranza che tali studi giungano a stabilire quale sia, se esiste, la forma di vita adatta ad altri corpi celesti.

Va sottolineato in modo particolare, infine, il terzo significato delle ricerche sull'evoluzione chimica che dà origine alla vita. Si tratta di un aspetto che fino ad oggi non è stato preso in considerazione, e che consiste nel prendere a modello l'evoluzione chimica attraverso la quale la natura ha creato il magnifico fenomeno della vita, per introdurre innovazioni teoriche e pratiche nella scienza chimica e nell'industria che da essa deriva.
La sintesi della vitamina B_{12} è uno dei brillanti successi di R. B. Woodward, il più grande specialista di sintesi organica. Dieci anni gli sono stati necessari per compiere questa splendida impresa in collaborazione con giovani specialisti di chimica organica di diversi paesi. Eppure nella biosfera tale sintesi si realizza facilmente ad opera dei batteri più primitivi, i *Clostridia*. Nei batteri primitivi, questa capacità di sintesi chimica non è apparsa improvvisamente dopo l'origine della vita, ma è il risultato di una serie di progressi compiuti nel corso dell'evoluzione chimica e delle prime fasi dell'evoluzione biologica. Quando conosceremo i processi mediante i quali si è costituita questa magnifica facoltà di sintesi, saremo in grado di imitarli e persino di migliorarli. Ecco dunque la terza ragione che giustifica lo studio dell'origine della vita, e in particolare dell'evoluzione chimica che ha condotto all'origine della vita.

Quali dovranno essere le caratteristiche future della chimica e della chimica industriale? Esse dovranno svilupparsi in armonia con la natura e con la vita, e dovranno inoltre realizzare economie energetiche. Perché tali esigenze siano soddisfatte, occorrerà da parte nostra una comprensione profonda della chimica degli organismi viventi.

La caratteristica dei processi chimici che si svolgono nella biosfera è la realizzazione di sintesi a condizioni moderate, attraverso trasformazioni energetiche che hanno luogo nei sistemi ordinati polimolecolari complessi a spese, in ultima analisi, dell'energia fornita dal sole. Si tratta indubbiamente di una chimica in completa armonia con la natura, con la vita e con l'esistenza dell'uomo.

A mio parere, è stato lo sviluppo dei sistemi ordinati polimolecolari nel corso dell'evoluzione chimica a produrre, come risultato finale, l'origine della vita, e a determinare quella splendida capacità di sintesi chimica che è propria degli organismi viventi.

Il sistema ordinato polimolecolare è, in altri termini, il sistema chimico a livello molecolare, o più semplicemente il sistema chimico molecolare.

Consideriamo un semplice esempio: la fermentazione alcoolica mediante estratto di lievito. Il bilancio materiale della reazione è:

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi \rightarrow$$
$$\rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP.$$

Appare qui immediatamente la caratteristica fondamentale delle reazioni che hanno luogo negli organismi viventi. Si tratta anzitutto di un sistema multimolecolare che contiene 13 enzimi e diversi co-fattori organici e inorganici, oltre ai substrati della reazione. Malgrado la sua complessità, tale sistema non presenta quasi alcun disordine, grazie all'informazione apportata dalla specificità degli enzimi, e tutte le reazioni si svolgono in condizioni moderate. Infine, ed è il fenomeno più importante, ha luogo produzione di ATP, sostanza termodinamicamente instabile in soluzione acquosa. Tutto ciò è reso possibile dagli scambi materiali ed energetici a livello del sistema chimico molecolare. La capacità dei *Clostridia* di sintetizzare la vitamina B_{12} dipende anche dalla partecipazione di enzimi specifici che costituiscono un sistema multicatalitico.

È per questa ragione che noi proponiamo di studiare l'evoluzione chimica, ossia i processi attraverso i quali è venuto a costituirsi il sistema chimico molecolare. Assumendo come modello l'evoluzione chimica, intendiamo anzitutto sviluppare un sistema chimico semplice, e successivamente un sistema chimico avanzato che renderà possibile, ad esempio, la sintesi della vitamina B_{12} senza particolari difficoltà.

È soprattutto questo il punto di vista da noi preso in considerazione negli studi che da tre anni andiamo svolgendo sull'evoluzione chimica nel mare primordiale[10], cioè nell'ambiente in cui si è evoluta la vita[11]. Più esattamente, il nostro tentativo consiste nel cercare di riprodurre e di migliorare tale evoluzione. L'evoluzione chimica nel mare primordiale si è certamente sviluppata nel corso di alcune centinaia di milioni di anni; occorre dunque, da parte nostra, un'enorme accelerazione delle reazioni. Per questo motivo abbiamo da 1000 a 100.000 volte la concentrazione degli ioni degli elementi di transizione (Fe^{3+}, Zn^{2+}, MoO_4^{2-}, Cu^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}), che ebbero probabilmente il ruolo di catalizzatori dell'evoluzione chimica nel mare primordiale. Si tratta di un sistema multicatalitico. In questo ambiente (ambiente marino modificato) e sotto un'atmosfera di azoto a 105°C abbiamo ottenuto, a partire da formaldeide (composto in C_1) e da idrossilamina (composto in N_1), degli aminoacidi quali la glicina, l'alanina, l'acido glutammico, l'acido aspartico e la prolina in quantità notevoli nel corso di alcuni giorni. Abbiamo inoltre ottenuto alcuni prodotti di condensazione-polimerizzazione degli aminoacidi, tra cui il più semplice di essi, la glicilglicina, in una decina di giorni di lavoro[10,11]. Quante fasi di reazione sarebbero necessarie, nella sintesi organica classica, per produrre la prolina, l'acido glutammico o la glicilglicina a partire da un composto in C_1 e da un composto in N_1? Il fatto più sorprendente è la formazione della glicilglicina, una sostanza termodinamicamente instabile in

ambiente acquoso. Le nostre ricerche sono solo all'inizio, tuttavia in esse io vedo già in germe il sistema chimico molecolare, e ciò mi dà speranza per il futuro.
Sono convinto, in conclusione, che lo studio dell'evoluzione chimica giungerà a mostrarci le modalità attraverso le quali è venuta creandosi, nel corso dell'evoluzione chimica e dell'evoluzione biologica primordiale, la meravigliosa capacità di sintesi degli organismi viventi. Questo studio ci aprirà nuove vie nel campo della chimica e della chimica industriale; le sintesi chimiche potranno essere facilmente realizzate mediante sistemi multicatalitici, economizzando energia e operando in armonia con la natura e con la vita. Ecco il terzo significato dello studio delle origini della vita.

Ciò che ho esposto fin qui illustra dunque tre significati dello studio sull'origine della vita. Il primo di tali significati interessa ciascuno di noi, ha una portata estremamente generale e un carattere sostanzialmente filosofico. Il secondo significato è prevalentemente accademico, e riguarda gli studiosi di varie discipline. Il terzo significato è infine di tipo pragmatico, ed era stato fino ad oggi trascurato.
Il primo e il secondo aspetto si collegano, da punti di vista diversi, ad una medesima metodologia di ricerca; ma il terzo, che si propone di realizzare in ultima analisi una evoluzione chimica artificiale dotata di caratteristiche superiori a quelle dell'evoluzione chimica naturale, deve necessariamente collegarsi ad una metodologia differente. Si può prevedere, in effetti, l'utilizzazione di materiali e la creazione di condizioni operative incompatibili con l'evoluzione chimica naturale; possono essere impiegati ad esempio elementi come Ge, Nb o Rh, che erano del tutto assenti nel mare primordiale[13].

F. E.

Traduzione: E. CAMBIERI - NOVARA

BIBLIOGRAFIA

1 J. MONOD, *Il caso e la necessità*, Mondadori, Milano, 1970.
2 D. E. GREEN, *Research on the Origin of Life*, Trends in Biochem. Sc., 1, 1976, pp. 54-55.
3 « Teleonomico » è un'espressione usata in J. MONOD, *op. cit.*
4 A. I. OPARIN, *Materija, žizn', intellekt* (Materia, vita, intelletto), Nauka, Moskva, 1977, p. 25(in russo).
5 A. I. OPARIN, *The Origin of Life on the Earth*, MacMillan, New York, 1938.
6 M. CALVIN, *Chemical Evolution*, Oxford Univ. Press, 1969.
7 S. L. MILLER and L. E. ORGEL, *The Origin of Life on the Earth*, Prentice-Hall, London, 1974.
8 S. W. FOX and K. DOSE, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, Marcel Dekker, Inc., 1977.
9 C. SAGAN, *On the Origin and Planetary Distribution of Life*, Radiation Res., 15, 1961, pp. 174-192.
10 M. HATANAKA and F. EGAMI, *The Formation of Amino Acids and Related Oligomers from Formaldehyde and Hydroxylamine in Modified Sea Mediums Related to Prebiotic Conditions*, Bull. Chem. Soc. Japan, 50, 1977, pp. 1147-1156.
11 F. EGAMI, *Chemical Evolution in the Primeval Sea*, Interd. Sc. Rev., in corso di stampa (1979).
12 T. OCHIAI, H. HATANAKA, M. VENTILLA, H. YANAGAWA, Y. OGAWA and F. EGAMI, *Experimental Approach to the Chemical Evolution in the Primeval Sea*. I. Formation of Amino Acids and Amino Acid Polymers in Modified Sea Medium, in H. NODA (ed.), *Origin of Life: Proc. 5th Intern. Conf. Origin of Life*, Center for Acad. Publ. Japan, Tokyo, 1978, pp. 135-139.
13 F. EGAMI, *Minor Elements and Evolution*, J. Mol. Evol., 4, 1974, pp. 113-120.

JUST PUBLISHED

INDEX GENERALIS 1907-1975

to

SCIENTIA

International Review of Scientific Synthesis

Presented by Professor Giuseppe Montalenti of the Institute of Genetics, Faculty of Sciences, University of Rome.

The Index Generalis consists of a volume of 100 pages. It catalogues more than 3,500 contributions by scientists from the world over published by Scientia over a period of 70 years; it is virtually a history of scientific thought from the beginning of the century up the present time.

The rules adopted in drawing up the Index are explained in a Legend at the beginning of the work.

Data processing was carried out by the CNUCE, Institute of the CNR.

Price of the volume: Europe Lit. 4.000, other Countries $6.00

Orders can be applied to:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Why Do We Study the Origin of Life?

FUJIO EGAMI
Mitsubishi-Kasei Institute of Life Sciences, Tokyo

According to Jacques Monod, the origin of life and the origin of the central nervous system of man are the two frontiers of present-day biological knowledge[1].
According to David E. Green, the study of the origin of life, romantic though it may be, is not scientific[2].

Even the interest residing in the study of the origin of life is controversial. Yet since the cradle of civilization man has cherished the desire to know his origin and the origin of life. What is new is the objective and scientific approach to these fundamental questions: what is life and what is man? But this problem is intimately connected with each individual's philosophy of life. This is the most general significance of the study of the origin of life: yet certain scientists regard it as a romantic dream and not as a scientific problem that can be resolved in the more or less near future.
A. I. Oparin, the initiator of current research on the origin of life, held a public conference in Tokyo in April 1977 and at the beginning of his talk he sketched out in a few words the significance of the study of the origin of life: « The closer human knowledge draws to the mystery of life, the better established health, longevity and human well-being will be. And to draw close to the mystery of life, it is not enough to study living organisms of the present day, for this will not lead to the discovery of what gives an organism its so perfectly teleonomic structure[3]. Rather, it is necessary to study the development of matter, in the way formulated below:

Matter → Life → Intellect

The path leading from life to intellect is quite simply the biological evolution studied since the time of Ch. Darwin. The path going from matter to life constitutes the study of the origin of life and forms an indispensible stage in the development of matter into intellect, likewise indispensible for our comprehension of the latter »[4].

The study of the origin of life is a means of raising biology to the level of a universal science such as physics or chemistry. Herein lies the second significant aspect of the study of the origin of life.
Traditional biology is none other a strictly earth-bound biology and is not a universal science. The laws and facts that are fundamental in physics and chemistry, from the law of energy conservation up to the atomic composition of water, can be seen as applicable to the whole of the universe; while the most fundamental ideas in biology such as the concept that all organisms are made up of cells or the idea that proteins and nucleic acids are essential composites of all living organisms cannot be regarded as exact notions where extra-terrestrial organisms are concerned, if any exist. In short, traditional biology is a terrestrial biology. Once it reaches a cosmic dimension, it will rejoin the universal sciences such as physics and chemistry.
One way of acceding to cosmic biology is naturally to search for life itself, or for a precursor or even a residue of life in other celestial bodies. This is the object

of the Viking missions on Mars. But there are other ways. In this respect the study of the origin of life on Earth is also important. More generally, one may accede to universal biology through the quest for a conception that gives an account of the evolution of the Earth within the evolution of the universe while at the same time providing an account of biological evolution on Earth too. From the scientific point of view the most backward studies in this connection are research into chemical evolution and the origin of life. Living things are historical products or, if one prefers, the products of evolution. The sciences that deal with the history of organisms, such as paleontology and evolutionism, concentrate above all on the traits that differentiate organisms living in different conditions and neglect the fundamental characteristic of life and the common traits of all living organisms.

What is this fundamental characteristic of life? In the first place, when seen in the span of a short biological period, the structure and the teleonomic function that lead to the preservation of the individual and of the species. Thus one finds basically a transference of information and a teleonomic transformation of matter and energy. In other words, self-reproduction and metabolism make preservation of the species possible.

Biochemistry and molecular biology have shown that the chemical mechanisms of all fundamental functions are in principle one and the same for all living organisms. It is thus important to shed light on the roots of these functions.

The fundamental characteristic of life, when seen in the perspective of a long geological span, is evolution. Darwin's theory of evolution is certainly the most remarkable conquest of the biological sciences. A hundred and twenty years elapsed since Darwin. During this period the contributions of biologists to the development of evolutionism have been enormous: nevertheless it seems to me that researchers have almost exclusively observed and discussed the diversity of organisms and have neglected the study of the unity of these organisms and their common traits. The appearance of the different traits of diverse organisms have been discussed in relation to different environmental conditions. But so far evolutionism has failed to show us how the common traits of all organisms were established in relation to the structure and characteristics of the Earth and the universe. Evolutionism, for instance, gives no explanation of the process that led to the universal utilization by all terrestrial organisms — including viruses — of proteins and nucleic acids as essential substances. Knowledge of this process would help us to understand the roots of life as it is now.

After the last world war biology underwent remarkable changes. The most notable change has been the birth and development of molecular biology. The symbol of molecular biology is Watson and Crick's double helix. It was first established that the essential substance of the gene is DNA, then the second stage was the discovery that DNA has a double helix structure, then further that genetic information is inscribed on DNA in the form of a sequence of nucleotides, and finally that the basis of heredity and self-reproduction is a molecular interaction at the moment of the replication of DNA. This is truly a remarkable discovery, yet I find in it the characteristic or the limitation of classical molecular biology: that is analyzing the molecular mechanisms of the structures and functions of present-day organisms. The starting point is DNA as it is found in nature. Molecular biology does not show us the historical processes by means of which nature used DNA as a genetic substance, inscribed genetic information in the form of a sequence of nucleotides, nor how nature chose the four bases, A, G, C and T. The same holds for proteins. Molecular biology has illuminated the relation between the structure — sequence of amino acids and tri-dimensional structure — and the catalytic activity of enzymes. But the historical process which led to the utilization of proteins as biological catalysts is not known. We do not even know how nature chose the twenty amino acids that are constituants of

proteins. This is precisely the weakness of traditional molecular biology. What we know about ATP is another example of this limit. We know that ATP is the most important reservoir of energy of all living organisms. We likewise know the molecular mechanism for the freeing of energy by the hydrolysis of ATP. However neither biochemistry nor molecular biology have cast any light on the historical process of the introduction of ATP into the biosphere.

Summing up, traditional evolutionism and paleontology deal with the historical processes of the development of the differentiating traits of organisms and neglect processes concerning the common characteristics of all organisms. While molecular biology deals above all with the common molecular mechanisms of all organisms, it neglects the historical processes of their development.

The elucidation of the history of the common traits of organisms is the only way of raising biology to the level of the universal sciences such as physics and chemistry. Only the study of chemical evolution, of the origin of life and of the first biological evolution can lead to the establishment of the common traits of all terrestrial organisms. Herein lies the second significant aspect of the study of the origin of life.

One might wonder whether it will ever be possible to unravel the origin of life, but in the course of scientific research aimed at attaining this goal one can hope to clarify the roots of the common traits of all organisms. This in itself will be a great conquest. For indeed after the publication of the well-known work by Oparin[5], an increasing number of researchers from different disciplines have been devoting attention to chemical evolution and to the origin of life: S. Akabori, J. D. Bernal, M. Calvin, S. W. Fox, S. L. Miller, L. E. Orgel, J. Oró, C. Ponnamperuma, C. Sagan, J. W. Schopf *et al*[6,7,8,9]. And the results of these studies are going to be incorporated into the scientific conception that embraces the whole of the development of the universe: the origin and evolution of the Earth within the universe, and the origin and evolution of life on Earth. There is even some hope of inferring the form of life, if such exists, that is adapted to other celestial bodies.

Finally, I would like to emphasize above all the third significant aspect of research on the chemical evolution that leads to the origin of life. This question has up to now not been discussed: taking the chemical evolution by means of which nature has created this magnificent thing, life, as a model for innovations in chemistry and in the chemical industry.

The synthesis of Vitamin B_{12} is a brilliant success owed to R. B. Woodward, the greatest specialist in organic synthesis. He took ten years to complete this splendid undertaking in collaboration with young organicians from a variety of countries. Yet in the biosphere this synthesis is easily achieved by the most primitive of bacteria, the *Clostridia*. This capacity that primitive bacteria have for chemical synthesis did not appear immediately after the origin of life, but is the result of the progress accomplished over the course of chemical evolution and during the first biological evolution. Once we have discovered the processes behind the establishment of this magnificent capacity for synthesis, we will be able to imitate them and even to improve upon them. Herein lies the third reason for studying the origin of life, and in particular the chemical evolution that led to the origin of life.

What should the chemistry and chemical industry of the future be like? They must grow in harmony with nature and life, and they will have to save energy. In order to answer this question, we need to find out the essence of the chemistry of living organisms.

The characteristic of chemistry in the biosphere is chemical synthesis under moderate conditions, through energetic transformation in complex ordered polymolecular systems, in the last resort depending on solar energy. It is certainly a chemistry that is in harmony with nature, life and mankind.

I believe that the development of ordered

polymolecular systems during the course of chemical evolution ultimately led to the origin of life and to the magnificent faculty of chemical synthesis of living organisms. The ordered polymolecular system is, in other words, the chemical system on the molecular level or, more simply, the molecular chemical system. Let us take a simple example: the fermentation of alcohol by means of yeast extract. The material outcome of the reaction is:

$$C_6H_{12}O + 2ADP + 2Pi \rightarrow$$
$$\rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP.$$

The characteristic of reactions in living organisms immediately springs to the eye here. First of all this is a multimolecular system containing 13 enzymes, various organic and inorganic cofactors as well as the substrata of the reaction. Despite the complexity of the system, there is hardly any disorder, thanks to the information carried by the specificity of the enzymes, and all the reactions take place in soft conditions. Finally, and most importantly, the formation of ATP comes about, which is a substance that is thermodynamically unstable in a watery solution. All this is made possible by the material and energetic exchanges on the level of the molecular chemical system. The ability of the *Clostridia* to synthesize Vitamin B_{12} also depends on the collaboration of specific enzymes forming a multicatalytic system.

This is why I propose that we should study chemical evolution, that is, the process of the establishment of the molecular chemical system. By taking chemical evolution as a model, we will first all develop a simple chemical system then an advanced chemical system which will, for instance, make it possible to synthesize Vitamin B_{12} with the geatest of ease.

It is above all from this point of view that we have, over the last three years, directed the thrust of our research towards the study of chemical evolution in the primeval sea[10], from whence life evolved[11]. More precisely, we are trying to reproduce it or rather to produce it in an improved form. Chemical evolution in the primeval sea certainly lasted several hundred million years. We thus need to accelerate reactions enormously. To this end we have increased from 1000 to 100,000 times the concentration of the ions of the transition elements (Fe^{3+}, Zn^{2+}, MoO_4^{2-}, Cu^{2+}, Mn^{2+}, and Co^{2+}) which probably played the role of catalysts of chemical evolution in the primeval sea. This system is a multicatalytic one. In this medium (modified sea medium), in nitrogen atmosphere at 105°C, starting from formaldehyde (a C_1 compound) and hydroxylamine (an N_1 compound) we have been able to obtain remarkable quantities of amino acids as glycine, alanine, glutamic acid, aspartic acid and proline after just a few days. Furthermore we have obtained products of the condensation — polymerization of amino acids including the simplest of these, glycylglycine, after about ten days[11,12].

How many stages of reaction would be required in classical organic synthesis to prepare proline, glutamic acid or glycylglycine, starting from a C_1 compound and an N_1 compound? What is especially surprising is the formation of glycylglycine, which is thermodynamically unstable in a watery medium. Our research is still in its infancy, but I can already see in it the germs of the molecular chemical system and it affords hope for the future.

All in all I believe that the study of chemical evolution will show us how the marvellous synthetic faculty of living organisms was established during chemical evolution and the first biological evolution. This study will open up new avenues towards innovation in chemistry and the chemical industry; chemical syntheses will be carried out without difficulty by multicatalytic systems, thereby saving energy and operating in harmony with nature and life. Herein lies the third significant aspect of the study of the origin of life.

I have just shown, then, that there are three significant aspects to the study of the origin of life. The first concerns each one of us, is very general and slightly philosophical. The second aspect is rather academic and

concerns scientists of different disciplines. The third is pragmatic and had so far been neglected.

The first and second aspects, though approached from different points of view, share a common research methodology; but the third, which has as its goal the ultimate realization of an artificial chemical evolution superior to natural chemical evolution, must have a different methodology. For materials and conditions that are incompatible with natural chemical evolution can be utilized. For instance, one can even use elements such as Ge, Nb, or Rh which were absent from the primeval sea[13].

F. E.

Translation: R. COSTA BARRITT - PISA

BIBLIOGRAPHY

1 J. MOOD, *Le hasard et la nécéssité*, Editions du Seuil, Paris, 1970, p. 155.

2 D. E. GREEN, *Research on the Origin of Life*, Trends in Biochem. Sc., 1 (1976), 54-55.

3 « Teleonomic » (French *téléonomique*) is a term utilized on p. 37 of ref. (1).

4 A. I. OPARIN, *Materija, žizn', intellekt* (Matter, Life, Intellect), Nauka, Moscow, 1977, p. 25. (In Russian).

5 A. I. OPARIN, *The Origin of Life on the Earth*, Macmillan, New York, 1938.

6 M. CALVIN, *Chemical Evolution*, Oxford Univ. Press, 1969.

7 S. L. MILLER and L. E. ORGEL, *The Origin of Life on the Earth*, Prentice-Hall, London, 1974.

8 S. W. FOX and K. DOSE, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, Marcel Dekker, Inc., 1977.

9 C. SAGAN, *On the Origin and Planetary Distribution of Life*, Radiation Res. 15, (1961) 174-192.

10 M. HATANAKA and F. EGAMI, *The Formation of Amino Acids and Related Oligomers from Formaldehyde and Hydroxylamine in Modified Sea Mediums Related to Prebiotic Conditions*, Bull. Chem. Soc. Japan, 50, (1977), 1147-1156.

11 F. EGAMI, *Chemical Evolution in the Primeval Sea*, Interd. Sc. Rev. in press (1979).

12 T. OCHIAI, H. HATANAKA, M. VENTILLA, H. YANAGAWA, Y. OGAWA, and F. EGAMI, *Experimental Approach to the Chemical Evolution in the Primeval Sea. I. Formation of Amino Acids and Amino Acid Polymers in Modified Sea Medium*, in H. NODA (ed.), Origin of Life: Proc. 5 th. Intern. Conf. Origin of Life, Center for Acad. Publ. Japan, Tokyo, 1978, pp. 135-139.

13 F. EGAMI, *Minor Elements and Evolution*, J. Mol. Evol., 4 (1974), 113-120.

Biology and the Problem of Normality

JIRI VACHA
Czechoslovak Academy of Sciences, Brno

The term 'normal' in the most varied combinations — 'normal value', 'normal animal', 'normal range' — pertains to the most frequently used expressions in biology. At first sight, its meaning is clear to everybody, but a quite superficial attempt to define normality will suffice to reveal its deceptive polysemy. Normality is the elusive Proteus whose countenance changes according to biological branch and philosophical conviction of authors. The universal use of this term suggests that it can hardly be dispensed with in biology, or at least that the majority of biologists are convinced of this; yet one would in vain look for the elucidation of what is meant by the word 'normal' in standard textbooks of 'normal' anatomy and physiology. They are concerned with detailed study of the properties of something that is not precisely defined; the functions and structures described represent average values from sets of individuals selected according to superficially determined criteria. Moreover the individual peculiarities are usually ignored as irrelevant, whereby the impression is produced that the sense of normality is *a priori* obvious and does not require additional explanation: after all the normal is just what a textbook describes.

A single article cannot by far give an exhaustive treatise of all aspects of the problem of normality in biology; recent years have seen a number of excellent ideas published e.g. by *Murphy* (*1966, 1972*) or by *Offer* and *Sabshin* (*1966*). Though this article is an attempt to give a kind of synthetic view, we cannot consider all that has so far been written on the inexhaustible topic of biological normality. Our first task will be to disclose the various meanings of the term 'normality' used in biological literature and then, on the basis of the results of contemporary research in variability, to analyze the various conceptions which underlie these meanings. We shall particularly endeavour to find out whether biological empiricism provides some basis for the intermingling of normality in the statistical and value sense, which is typical of current practice. In conclusion, we shall then consider the justifiability of the concept of normality in its general, absolute meaning, which would be the only one with a claim to further use of the so polysemic term 'normal'.

I NORMALITY IN THE HISTORY OF BIOLOGICAL THINKING

The term 'normality' is connected with the word '*norma*' in classical Latin, which originally meant an instrument for measuring right angles, carpenter's square; then, in applied sense, the rule of morals. The cognate Greek word KANON (rule) meant etymologically a surveyor's rod made of reed. The classical 'norm' was thus understood entirely in the sense of a measure, a pattern for imitating, and the aspect of the commonness, frequency of a phenomenon, typical of today's meaning of the term 'normal', was not yet being employed. The roots of the modern conception of normality surely do date back into antiquity however, particularly to the Platonic doctrine of ideas and the Aristotelian teaching about the nature of things.

Ancient science is characterized by *Meyer* (*1934*) as the doctrine of translating ideas into reality. The ancient cosmos is a closed finite whole whose true reality is reflected by its unchangingness, tranquillity and qualitatively conceived harmonic equilibrium. To Plato, the real things graspable by senses are mere reflections of unchanging ideas accessible only to pure thinking. And the very cognition of these cosmic ideas resting eternally in themselves in perfect tranquillity — the archetypes of all things — is to antiquity the sole task of the entire inquiry that is endowed with real sense. *Hausman* (*1975*) finds the deepest historical roots of the conception of the 'natural' in the Aristotelian doctrine of nature and accident. With Aristotle, the essential qualities are those without which a thing would simply not be a thing of the kind to which it belongs and would cease to exist; according to a later classical formulation, these essential properties are appropriate *omni, soli, semper*. The essence (nature) thus specifies a thing as to its kind and delimits at the same time what changes a thing may undergo, how it can and is to 'function'.

The ancient conception of idea — type had played a decisive role in laying the foundations of modern biology. In the conception of Linné and Cuvier, systematic categories are a summary of characters in which individuals of the same category agree and by which they at the same time differ from the individuals of other categories; they are thus exactly what Plato called « the idea of the group ». We shall see that the modern popular conception of normality links up very closely with this mode of thinking, but that it adds a quantitative aspect, unknown to antiquity.

However, an idea which enjoyed great popularity in antiquity was the idea of the mean, an equal distance from two extremes, especially in aesthetics. With the development of modern biology, the conception of the 'mean' has been made more precise. Whereas serial measurements were not known in antiquity and proportions were determined on an 'exemplarily' shaped individual, the 19th century brought the idea of the arithmetic mean of a larger number of measurements of different individuals. This requirement was first realized in 1835 by Quételet, who constructed his « Average Man » using mean values of his individual characters. Since the time of

Quételet, what has universally been considered natural has been that type of variability of biological characters which corresponds to the Gaussian distribution function, the so-called normal distribution. (This term is a technical term of mathematics and, materially, it has almost nothing in common with biological 'normality'; for the sake of clarity we shall use here the term 'Gaussian' distribution.) The Gaussian integral was originally destined for a mathematical description of errors arising in physical measurements. Its application to biological character as performed by Quételet has ensured its wide popularity in the textbooks and thinking of biologists up to our day; however, it has helped to degrade interindividual biological variability to an incidental phenomenon, an 'error of Nature', quite comparable to a physical error of measurement.

Another source of a disparaging attitude to variability was medicine. *Offer* and *Sabshin* (*1966*) pointed to the connection of the idea of normality with a conception of health and disease which was always a product of its time. The traditional view, exclusively dominating up to the latter half of the 19th century, had been based on the physician's practical need to rid the patient of every greater suffering or danger to life. Attention had been focussed on markedly pathological states conspicuous also to a layman, and health was only being given a passing mention when introducing the study of clear deviations (in instructing physicians, this practice has seen little change up to the present days). With the purely negative conception of health as a mere lack of apparent pathology is connected the view of health appearing as a homogeneous state characteristic of the majority of human population, in opposition to the sharply differing state of disease. Health escapes our attention as long as it is present, and reminds us of itself only by its absence.

It was Pasteur's and Koch's work emphasizing a basic difference between the noninfected (= healthy) and infected (= diseased) organism which became a powerful support for dichotomic discrimination between the state of health and disease. The infectious model of disease was then generalized far beyond its original boundaries and it took a long time for the limits of its applicability to be rediscerned. (Bernard's discovery of the internal environment of the organism and Cannon's conception of homeostasis were the first to turn the attention to the internal state of the organism.) The fundamental antipole to the monocausally oriented pathology is the constitutional doctrine which, since Hippocrates's times, has derived the origin of disease from the state of an individual organism rather than from the action of gross external detrimental factors, and thus has turned attention to the 'normal' organism in its 'natural' state.

The question of normality was intensively discussed by the German constitutional doctrine between the two world wars. Here the development of the normality problem offers an interesting spectacle; nearly fifty years were needed before the original concept, too strongly dependent on Platonic tradition, was replaced by the modern conception of variation.

Typical — and without doubt highly authoritative for further development — is *Rautmann's* opinion (*1921*). Rautmann supposes that identifying the norm with the arithmetic mean would imply that there just would not be anything normal; on the other hand, « not everything that occurs in healthy subjects can be normal, because in that case almost anything would be normal and the concept of a norm which cannot be dispensed with would dwindle away beneath our hands ». A norm must, then, be a definite interval, naturally and sufficiently sharply delimited above and below. Rautmann thus becomes founder of the current statistical approach to normality. At the same time he is a typical representative of the view which links the abnormal, i.e. lying outside the limits of a statistical norm, with the pathological, which means of a view identifying the statistical normality with the functional one. In contrast to this, other adherents of a statistically defined normality were anxious to rid it of the value judgements and tried to grasp normality purely descriptively in the hope of thus avoiding the reproach of 'subjectiveness' (typically, e.g., *Günther 1935*). It is characteristic that statistically oriented authors of that epoch did not arrive at agreement as to what part of the population at the ends of the range of a variation should be excluded from the definition of normality.

A markedly Platonizing point of view was advocated in pre-war discussions by *Hildebrandt* (*1920*), who inveighed against the statistical norm as stating nothing about the optimal status of the species. According to its essence, a norm is the summit, not a variation interval, and this summit is not reached by induction, but by a « sense for the living ». From the opposite side, the significance of statistical norm from the point of view of practical medicine was sharply criticized by *Grote* (*1922, 1923*). Medicine always confronts individual subjects, unique and unrepeatable; therefore medical classification must always issue from the individual's personal norm, from his « responsiveness », by which is meant the « congruence between physiological performance of the individual and the performance necessary for him ». An individual may be healthy — responsive — without regard to the quality or quantity of the morphology and function which the statistical norm would wish to prescribe for him. In saying this, Grote had expressed, more than half a century ago, an idea now so much up-to-date; the post-war German constitutional doctrine likewise included in its basic principles the concept of the 'individual norm'.

However, a virtually novel chapter in our problem is represented by the empirical research of variability in human and animal populations from the genetic, biochemical and physiological points of view, which has developed during about the last twenty years. A pioneering personality in this line is the American biochemicist *R. J. Williams*, who in 1956 summed up a great amount of his own and other authors' data which convincingly documented a surprising breadth of interindividual variability. The problem of normality, revived by variation research, is coming up-to-date in both theoretical and applied anthropology (see, e.g., the

Symposium on Variability of the New York Academy of Sciences - *Weyev 1976*) psychiatry (*Offer* and *Sabshin 1966*), clinical biochemistry (see, e.g., a monograph by *Martin et al. 1975*), and elsewhere. In medicine, the dichotomic view of health and disease has been gradually replaced by the recognition of the complicated network of pathogenic causes and effects and by the recognition of a continual transition between the two states. In stating this, however, we are already arriving at a systematic account of the contemporary state of the problem of biological normality.

II THE SEMANTIC CHAOS

In order of increasing intricacy and a growing share of the value component, the following meanings of the term 'normal', and the conceptions associated with them, can be distinguished in biological literature:

1) *Commonness, usualness.* In modern languages, the word 'normal' has not only the meaning of 'conforming to standard, rule', but also of 'frequent', 'particularly frequently represented', especially so in colloquial language. Consequently this new meaning may be made use of by those authors who do not wish to apply value criteria and intend only to state descriptively the commonness (frequency) of a phenomenon. A concrete determination of the limits of normal = frequent is naturally accomplishable only by convention; the practice now in current use is to determine the range of variability in a normal (Gaussian) distributed sample by means of a double value of standard deviation laid out on either side of the arithmetic mean, or by means of an interval comprising 95% of the population.

2) *Averageness.* Normal is sometimes considered to be that which is average or modal or that which at least lies near these values. Such a way of defining normality was popularized by Quételet's studies but has a much older tradition (see *Günther 1935*). It follows from the principles of combinatorics that, with the quantitative characters, mean variants have the highest frequency, which establishes a factual relationship between definitions of normality as given under (1) and (2).

3) *Typicalness.* The term 'type' is almost as polysemic as 'normality' and so we are here exposed to considerable contradictions: *Rautmann (1921)* puts the equality sign between normal and typical, i.e., that which sufficiently characterizes a variation series. *Wachholder (1952)*, on the contrary, draws a sharp distinction between normal and typical by his understanding typicalness as a concept of theoretical biology quite free from value criteria, and by his referring the concept of normality — as one identical with the concept of health — to medicine.

4) *Attaining adequate performance* (*health, fitness*). Here belongs the traditional definition of health as a state free from greater suffering or imminent danger to life. Essentially this means the alternative (dichotomic) model of health and disease, which regards health as a state further undifferentiated and requiring no detailed analysis, and disease as a state qualitatively quite different, induced most frequently by the action of one gross factor (an accident, intoxication, an infection, etc.). As gross pathology concerns only a small part of a population, normality in the sense of reasonable health is, simultaneously, a majority phenomenon and includes the definition of normality as given under (1). If we consider health as a homogeneous state, then the variation range of a character determined in a sample of healthy people simply corresponds to the state of health and defines the so-called normal (or, more recently, 'reference') interval. The further fate of the subjects constituting a reference sample is usually not investigated and the possibility that certain values inside the reference interval may be associated with *later* pathology is not taken into account. So far, the reference interval is most frequently so interpreted by physicians that the values lying inside it are considered as compatible with health; those lying outside this interval, as suspect or patently pathological. The current practice of striking out of the reference interval the extreme values, even though determined in healthy people, is based on a (frequently vague) consciousness that pathological states are usually characterized by extreme values. Extremeness, rare occurrence is, in current medical thinking, usually automatically related with the pathological; averageness, commonness, with health. Although, as we shall see, all assumptions given above require critical revision or, at least, a closer specification, the conception of normal (reference) interval is obviously going, for a long time yet, to remain the basis for the evaluation of biochemical and physiological signs in clinical practice. Though awareness of a complex polyfactorial conditioning of diseases has gradually been gaining ground, the conception of a normal interval is a satisfactory simplification that has found good application in practice.

5) *Attaining optimal performance* (*health, fitness*). Here both health and disease are conceived as states that continually pass over into each other, from an optimal performance via decreased fitness, proneness to disease and subclinical syndromes to manifest pathology. The state of health is conceived as one usually due to several factors and demanding study in all its variability. In the diagnostic respect, it may be regarded as a continuous function of the symptom under investigation, and the peak, maximum of this function can be taken as the 'norm'. From the essence of this viewpoint it follows that basically it is impossible to set any limits of normality.

6) *Attaining ideal performance* (*health, fitness*). This means an ideal fiction, or a Platonic ideal set as the highest goal of medical, preventive

and eugenic efforts. In medicine, it is represented most typically by psychoanalytically oriented authors. « This position is being adopted increasingly by theorists in preventive medicine, who have enlarged the horizons of illness to its earliest origins and most subtle manifestations. Indubitably, this perspective will become more and more important in the medicine of the future as gross pathology is steadily decreased » (*Offer* and *Sabshin 1966*).

7) *Everyday (naive) conception of normality.* In current lay thinking (but often, implicitly, also in the opinion of professionals), the term 'normal' is the expression for a complex of several interrelated ideas which one is often not even explicitly conscious of. In current thinking, a great majority of individuals is approaching the average (this conception was expressly defended by Viola), and an average individual represents the state of health, adequate 'functioning' and performance. Disease is something extraordinary that affects a definite small portion of people and distinguishes them markedly from the healthy; the mutual differences among the healthy are negligible. Should we express these widely accepted ideas of normality using somewhat more elaborate notions, we might say that the naive conception is based on the idea of frequent real existence of the average type of man (organism) and on the alternative conception of health and disease. The naive view identifies commonness — averageness with health and rareness — extremeness with pathology. Here we are faced with a mutual combination of the viewpoints as given under (1) through (4), and their compounding with the idea of the average individual as the most frequent phenomenon in a population.

Even in experimental practice, the term 'normal' in the sense of 'not affected experimentally; control' is frequently encumbered with a naive conception. Here a 'normal animal' is the opposite of one subjected to experimental intervention and the factors which affect the details of its actual state are often overlooked. However, along with the improvement of experimental techniques and increased attention of experimenters given to the research of fine factors, the notion of 'normal animal' loses its justification, and a more correct term, 'control, reference' organism, is used.

The number of meanings and conceptions of normality could be further expanded by additional ones and subdivided by other criteria. Here we were concerned with the crudest division, one that does not preclude but that presupposes differentiation of opinions within the framework of basic meanings. So, for example, normality in the meaning of health may be conceived in the sense of collective or individual normality. Or, for a physician, an optimal function means optimal health under given conditions; for a biologist, e.g., the optimal degree of adaptation. It should still be noted that the meanings given under (1) to (3) are of a rather descriptively statistical character, those given under (4) to (7) of a func-

tional character; of them, the meaning given under (6) has a more expressly normative sense.

III CONTEMPORARY RESEARCH ON VARIABILITY AND NORMALITY

The starting point for any attempt to throw some light on the considerably obscure situation caused by the chaotic usage of the term 'normal' must be an analysis of the empirical data obtained during the last 20 years or so in research on biological variability.

1) *The Immense Range of Variability Excludes the Existence of an Average Individual*

An unprejudiced view of the results of any series of measurements carried out in more individuals of the same species will persuade us that differences among individuals are considerable, usually much greater than the error of the method employed. These differences often escaped the experimenter's attention, because in the early decades of this century the samples investigated consisted of only a few individuals, and there had been a universal effort in the experimental sciences to suppress as far as possible deviations from the mean. However, recent decades have seen accumulation of convincing data on the ubiquitousness and an unthought-of range of interindividual variability. Differences among individuals reach several orders of magnitude; moreover the differences in biochemical and physiological signs are, at least in part of these data, reproducible also in repeated analyses and thus suggest real peculiarities (tens of examples were gathered by *Williams, 1956*).

Now if the characters in a population are mutually linearly independent, then the probability of the occurrence of an organism that would in all its characters fall into a certain narrow range round the mean is a very low one. For instance, given a complete independence of the characters, only about six individuals out of thousand would fall within the conventional limit of normality, i.e., within the limits which comprise 95% of the population in 100 characters. A number of studies have virtually confirmed this frequent absence of linear (or of simple nonlinear) correlations. Thus the average individual of Quételet does not exist, and even the earlier popular attempts to divide the human population into several constitutional types have been supported only partially by modern statistical methods. *By the non-existence in reality of the average individual, a fundamental part of the naive conception of normality is shaken.* An individual character may assume average values, but an entire organism may not. Hence an essential distinction is to be drawn between the values of 'normality' of a character and those of an entire organism.

It is remarkable that a similar tendency to abandon the species type in the sense of a set of binding essential signs has also been gaining ground

independently in contemporary taxonomy. So-called numerical taxonomy understands its categories 'polythetically', i.e., the pertinence or non-pertinence to a group is not based on an individual character, but only on the presence of a substantial portion of the characters on the basis of which a group is defined. Thus taxonomical categories in this conception do not differ substantially (in the above classical sense).

2) *Fitness Is Not an Alternative Phenomenon, But a Quantitative One*

The conception of the prevailing existence in a population of the average type that represents an internally homogeneous group is logically connected with the alternative conception of health and disease. If the average members of a healthy population do not differ markedly from one another, then it is necessary to understand health and disease as qualitatively different states and look for the origin of disease mainly in the action of some '*gross*' factor that affects only those afflicted by it. If, however, each individual is in reality a wholly unique combination of genotypic and phenotypic characters, it may be anticipated *a priori* that these individual peculiarities are not necessarily irrelevant to his health and fitness, *Williams 1956* (though they may be under certain circumstances). Thus there obviously exists a continuous transition from optimal health to manifest disease. '*Gross*' aetiological and pathogenetic factors surely occur (accidents, intoxications, strongly virulent infections), but they too may be of different intensity and, moreover, the constitution of the organism always plays a greater or lesser part in the development of disease. Under constitution it is necessary to understand the result of the action of many genetic and peristatic factors in their developmental dynamics; thus the constitutional point of view is equivalent to the polycausal conception of disease. The simple dichotomy of health and disease is an extreme case (model), which in reality is never realized in a pure form (*Murphy 1964, 1972*).

Thus even in a sample of healthy individuals it is necessary to bear in mind possible significant differences in the degree of health and fitness. If the concept of 'normal (reference) interval' is still used quite currently, especially in medicine, one needs to be well aware of its being conditioned by the alternative model of disease. Concerning the assumptions underlying the conception of the normal interval, which we have mentioned in connection with the conception of normality as an adequate performance (under 4), the following must be said in particular. Unusual values of a sign may be established even in quite healthy people, who are not afflicted with a disease even in later life (*McCammon 1966*). Thus in a clinically scrutinized sample of healthy subjects, we have, within the framework of the alternative model, no right to denote values at the ends of the distribution curve as being *automatically* suspect, but we have to consider the whole sample (distributed, e.g., in a Gaussian manner), as being homogeneous from the viewpoint of health.

In the alternative model of disease, the morbid state is characterized by its own distribution curve displaced on the average by a certain value in an 'upward' or 'downward' direction as against the reference curve. Whether the individual value of the character estimated pertains to the reference or diseased population depends, then, on what is the position, width and shape not only of a 'healthy' distribution but also of 'pathological' distributions, on the number of pathological states and their frequency in a population. The 'normal' interval by itself does not state anything at all about all this. From this it follows only that, beginning with the limit value, in a healthy population all more extreme variants are rare, but not pathological. With regard to these difficulties and to the simplification unavoidably involved in the use of the reference interval, we may expect, even in clinical medicine, a growth of the significance of normality defined not alternatively, but in terms of a quantitative gradation (cf. the conception of normality under 5).

3) *Extremeness Does Not per se Mean Disease*

The considerations made in the preceding paragraph lead naturally to the question: What is the relationship between individual deviations from the mean (modus) and the efficiency of their carrier, his 'biological value' and health? We shall attempt to show that, in the light of new knowledge, the traditional principle: 'the nearer to the mean the better' is no longer tenable, and that the entire problem is much more complicated.

First, certainly not all individual peculiarities (deviations from the mean and/or most frequent values) are of importance from the point of view of the fitness of the organism. There exists an influential stream in contemporary population genetics which considers the allelic variants of genes, no matter how rarely they may occur, only as the consequence of random elimination of mutations in the sense of genetic drift; that means that, from the point of view of selection, variants are neutral. The problem of this so-called non-Darwinian conception of evolution has so far been the subject of vigorous discussion and is far from being settled; however, from the standpoint of our question it is essential that the existence of neutral genetic deviations cannot be *a priori* excluded. On the other hand we know, at least in some more thoroughly studies cases, that certain allelic variants are connected with the decreased function of a particular gene (enzyme), and/or have a distinctly pathological character (e.g., so-called inborn errors of metabolism). Indeed, it is understandable that an isolated mutational change in a structure as complex as DNA or DNA-dependent protein is much more likely to deteriorate their function than to improve it. Thus, under the given environmental conditions a selection pressure is acting against the majority of newly arising mutant alleles and causes a greater part of the alleles of a particular gene to occur relatively very rarely.

Thus, from the viewpoint of the individual organism, those of its disposi-

tions that occur only very rarely in a population and of which every individual has at least several tens can be considered as being probably rather deleterious. If these rare alleles do not directly cause disease (phenylketonuria, etc.), they may reduce the resistance of the organism in various directions or may require special environmental conditions, e.g. certain nutritional supplements (*Williams 1956*). These rare alleles may, however, be of quite different significance for a population, for which they represent a reservoir of genetic information necessary for the adaptation of a population to possible changes of the environment.

Yet another situation will arise if a mutant allele, in combination with some other allele of the same gene, provides its carrier with some special adaptive advantage (so-called heterosis, increased fitness of hybrids). At the same time one or even both of the alleles involved may be, in themselves (i.e., in homozygous state), adaptatively neutral or even deleterious; only a definite combination of dispositions is advantageous. Natural selection, by giving preference to the heterozygotes, then also consequently maintains in the population a neutral, or even an 'inferior' allele(s); this is one of the typical mechanisms of the origin and maintenance of what is called genetic polymorphism in populations. The concept of genetic polymorphism is generally understood as the common existence in a population of two or more comparatively frequent, well distinguishable variants of the same gene. As shown by studies on human and animal populations by means of electrophoretic separation of proteins done on a mass scale, polymorphism occurs in several tens of per cent of the genes studied. An example of polymorphism recognized for a long time is the blood groups or various types of hemoglobin in man; modern studies have merely disclosed a commonness of polymorphic situations unsuspected before.

From the viewpoint of the topic of normality, the existence of genetic polymorphism is of interest in several respects. In the first place it reveals clearly the relativity of the 'normality' of a disposition: whether a gene variant (allele) is advantageous or disadvantageous depends on whether it is evaluated from an individual or a population viewpoint and on which combination a given allele enters. Naturally, under these circumstances it is impossible to look for some constant relationship between the frequency (commonness) and the biological value of a genetic disposition. Only heterozygosity, the combining of various alleles in the same individual, is both frequent and at the same time advantageous. Here a certain 'design principle', and not a concrete variant, is frequent and simultaneously advantageous. We can further say that where various variants of a gene permanently occur side by side, it is often difficult to speak of some of them as being pathological. We have to get used to the idea that it is quite common and functional for populations to be composed, from the genetic point of view, of different, biologically approximately equivalent variants.

Modern population genetics has revised the earlier view, evidently subject to the naive conception of normality, which was designated by Dobzhansky

as typological. Evaluation of the individual genetic deviations in the typological conception was completely negative. The only reason for maintaining mutants in populations was that the selection is not efficient enough to do away with all of them. Therefore an ideal member of the population was a homozygote free from 'mutational load'. Today it is already certain that natural populations are genetically considerably heterogeneous, but this is not only no obstacle to their fitness, but on the contrary a condition of their adaptability to the ever-changing conditions of the environment. It has been proved experimentally by Dobzhansky that populations with a higher degree of heterozygosity exhibit a higher degree of adaptability to the altered environmental conditions than genetically more homogeneous populations.

However, results of variation studies in the fields of biochemistry, physiology and pathophysiology are also of importance for the solution of the problem of the relationship between individual deviations from the mean and the biological value of their carrier. Let us consider a so-called quantitative continuously variable character (e.g., body height, calcium concentration in the serum, resolving power of the eye, I.Q.). The frequency distribution of the variants of such characters is most frequently unimodal (provided this is not a character with pronounced polymorphism, showing itself in polymodality) and its peak lies somewhere between the two extremes. The traditional conception, deriving its origin from Quételet, that the frequency distributions of biological characters are essentially symmetrical and perfectly approximated by Gauss integral, has gradually proved to be no longer tenable (e.g., *Wachholder 1952*, *Martin et al. 1975*). Distributions of biological characters are often asymmetric, exceeded etc., so that the previous tendency to compare biological variability to the error of physical measurements and thus to adjudge to it the significance of an accidental 'error of Nature' is, already for this very reason, untenable. However, apart from this it holds that *the mechanism of a roughly normal or log-normal distribution is general to such an extent that it does not exclude that certain individual values may arise by a quite regular, directed and controlled action of the integrating forces of the organism, and therefore need not be accidental from the viewpoint of its individual structure.*
That this is really true follows from the experiments of *Sargent* and *Weinman* (*1966*) who found, in completely healthy young men, statistically significant deviations from the group mean which were quite individually characteristic and persisting in time (similarly, *McCammon 1966*, see above). In these studies *a surprising difference appeared in the ways in which healthy organisms of the same species solve basic physiological tasks.* Health, a proper function, is always the result of an ever different constellation of the parameters of the organism and its regulatory mechanisms. This fact, astonishing at first sight, can be explained only when the parameters of the organism are evaluated not additively but from a systemic point of view. Experimental and prospective studies, devoted to the in-

vestigation of fitness as related not to a single isolated character, but to two and more characters simultaneously and with regard to their mutual interaction, have shown that the significance of a certain character for fitness is conditioned by the presence or magnitude of the other characters (for refs. see *Vácha 1976a*). Many such cases expressing the mutual linkage of characters, and thus a systematic nature of the organism, could be adduced; they not only involve a mere summation of independent information, but the mutual influencing of the significance of individual characters in the sense of multiplicative or more complex mathematical relationships. Since an individual organism may, from the theoretical point of view, be understood as a certain unique combination of concrete values of qualities or characters, we are entitled, on the basis of the principle mentioned, to assume that *the significance of the given size of the organism's parameters for its biological fitness depends on the complex of all the other characters, and thus on the individual constitution of the organism.* The empirical expression of this theoretical postulate is the clinical conception of the individual norm. A certain progress within the framework of the alternative model of health and disease is represented by the effort to simultaneously examine higher numbers of signs and determine the region of 'normality' on the basis of their interrelations using the so-called multivariable statistical methods. Then, the region of the normal is given here as part of a plane or hyperplane reflecting not only the number and distribution of signs, but also their interactions. In the above connection we understand that possibly even extreme values of physiological and biochemical characters need not be connected with disorders of health (though, of course, they often are).

In terms of a pure model, an organism can, from the quantitative point of view, be treated as a system describable by a set of equations, in which, generally, all dependent variables appear also in all the other equations as arguments:

$$\begin{aligned} A &= f_a\,(B, C, D \ldots\ldots\ldots\ldots Z), \\ B &= f_b\,(A, C, D \ldots\ldots\ldots\ldots Z), \\ &\vdots \\ Z &= f_z\,(A, B, C \ldots\ldots\ldots\ldots Y). \end{aligned} \qquad (1)$$

As the equations form a system and hold simultaneously, changes of any of the variables are a very complex function of all other quantities and their interrelations. In order that the system might function even after changing some of the variables, it is necessary that values of a whole series of other quantities be rearranged. The response of the system to a change in some of the parameters may be highly individualized and sometimes it depends very sensitively on the constellation of the other variables. The optimal performance of a biological system is always a kind of trade-off between contradictory requirements; from this viewpoint too, the biological signif-

icance of a certain parameter of the organism is closely associated with the values of the other parameters. The above-mentioned properties of systems make it possible to understand how certain values of characters can play a quite special role in a certain individual, and at the same time possibly even to become extreme. It can also be understood how systems built up from different components may perform, approximately equally well, the same task. Here interesting analogies are offered by systems engineering: e.g., it offers the possibility of achieving the same required performance by means of various control systems. It is possible that, by a suitable combination of less reliable elements, a system be obtained which, as a whole, operates more reliably than one constructed from the more reliable elements.

The rules of systemic construction represent a kind of *a priori* or normative moment in the design of organisms. If basic value criteria or properties required (adaptedness, homeostasis, etc.) are set beforehand, then from the mathematical principles of control theory and other systemic disciplines, there follow certain rules for the construction of the organism and its parts *a priori* (e.g., rules of stability, optimality, etc.). Abstract systems have much in common with Platonic ideas.

4) *A Loose Relationship Between Statistical and Functional Group Normality*

Not only may certain extreme values in some individuals be fully justified from the functional point of view, as we have just demonstrated, but also the whole dependence of fitness on the character value may have its peak not in the middle, but close to one of the limits of the variation range. We first consider the dependence of fitness *on a single character such as, e.g., concentration of a substance in the blood plasma.* As long as the dependence of fitness on the character is not equal to the constant, this relationship takes the form of a mathematical relationship with one or more maxima corresponding to the biological optimum (cf. the conception of normality as given under [5]). *If we presume the capability of the population to adapt itself reasonably to such a relationship given a priori* (e.g., by the mechanism of natural selection on the level of genotype, or by various regulations on the level of phenotype), *we can anticipate that the peak of the distribution curve will have a tendency to occupy the area of the optimum*; in other words, that from the point of view of the given character, the majority of population members will be constructed optimally. There exist experimental situations where this assumption can be confirmed empirically. The experiments of Pospíšil and coworkers (for review see *Pospíšil 1974, 1976*) have shown in many experimental variations that the values optimal from the point of view of survival after damage by ionizing radiation — this being a good measure of the 'general fitness' of the individual (*Vácha 1976b*) — are usually situated around the middle of the variation range of the prognostically relevant physiological and biochemical characters and thus coincide with the most frequently represented

variants. In some of these experiments, the existence of an optimum of functional relationship between the character and rate of survival lends itself well to explanation. For example, if the parameter studied expressed the degree of adrenocortical activation, i.e. of an important factor of regulation in the organism, then from an elementary consideration of control theory it follows that the optimal degree of adrenal activation must evade the extremes of both insufficient and excessive regulation. Coincidence of the peak of the population curve with this optimum suggests, then, that the factors bringing the two maxima into harmony have, in the given case, achieved their goals. Similarly in the experiments of *Lát* (*1972*), most frequent in the population were the medium-irritable individuals with an optimal adaptation capability. A situation analogous to that in the experiments described is also known from prospective epidemiological studies in the field of human pathology: for instance, hematocrit values have their optimum somewhere in between the two extremes, and this optimum corresponds to the peak of the population curve.

However, cases have been reported where the optimum lies somewhere quite close to the extremes of the variation range of a character. A classic example is the level of serum cholesterol in human populations with an adequate to excessive food supply, where the risk of coronary disease and resulting death increases almost linearly with increasing cholesterol level (*Vácha 1977*). Here the peak of the population curve lies in the region of mean cholesterol values, which are already related to an increased risk of affliction by disease as compared with the lower values. This and the related cases may hypothetically be explained by the circumstance that a population has not yet adapted itself to altered conditions of the environment; in our case, to an increased supply of food (*Murphy 1966*). An analogous explanation can be applied, e.g. to a high frequency of dental caries in a civilization characterized by increased consumption of sugar.

However, the discrepancy between the optimum and the maximum frequency of a character may obviously also have causes other than a mere falling behind of adaptation in respect of newly arising situations in the environment. Attaining a theoretically possible optimum in some respects would be connected with too high 'costs' to be of use for an organism or a population. Furthermore, however successful the adaptation of the population to the particular conditions, a number of forces of accidental character increase the unorganized variability and thus represent 'noise' from the point of view of adapted structure of population: mutation, migration, recombination, and segregation of genetic material. Thus a certain dispersion around the optimal value is basically inevitable.

We may conclude that, from the viewpoint of such a character as is, e.g., the concentration of metabolite in the blood plasma, the optimum does not always coincide with the maximum frequency, though this may be the case under favourable circumstances. A factual relation between the meanings of normality as oftenness (or averageness) and as biological value

obtains only there, where the forces directed to purposeful structuring of organisms act sufficiently strongly, and thus where the majority of the population falls, in the particular character, close to the optimal values. But what is the situation with the '*characters' that immediately express fitness of the individual,* such as radiation resistance, longevity, etc., and which thus, *ex definitione,* have the 'optimum' at one end of the variation range? From a number of well-known cases in the fields of radiobiology, toxicology, etc., it may be inferred that characters of this type too are distributed similarly as the current diagnostic signs, i.e. they have their peaks somewhere near the mean of the variation range. This means that an individual with an average and not an optimal value of a certain parameter of fitness is the most frequent phenomenon in a population; individuals with extremely high or low fitness occur only rarely. Naturally this contrasts with cases where the optimum of a diagnostic sign is at the same time the most frequently represented, and hence the significance of these cases is rendered relative. From the point of view of normality, this case of discrepancy between the highest fitness and highest frequency represents another serious argument against the identity of statistical and functional normality. Here one may agree with *Hildebrandt* (*1920*) that it is not statistics which informs us on the value of properties, but only evaluation based on assumed goals of life. Surely it is true that, « determined by the statistical norm, genius and imbecility are both equally monstrous, because equally distant from the mean ».

5) *Invariant Relational Structure as the Optimum of Species Organization*

In contemporary medicine, a certain tension persists between the norm (in the sense of health) conceived statistically and the 'individual' norm. Numerous authors have shown that the criterion of health is, rather than the relationship to the group 'norm', the relationship to the individual variation range as has been manifested during an individual's life (typically *McCammon, 1966*). The intraindividual variability of a function in the state of health is usually much less than the total interindividual variability in a population, i.e. individuals retain, during their lives, a definite, relatively constant, position within the population. Therefore it may happen that, e.g., with an individual who permanently fluctuates with respect to a given sign at the border of the population range, a shift toward the middle of the population denotes a pathological state.

The systemic approach offers the possibility of at least a hypothetical elucidation of the relationship between statistical and individual norms. If a certain relation between the signs often correlates with the degree of biological fitness more than does the absolute value of the signs themselves, one is led to imagine that the biological fitness of the organism is decided by certain constant, invariant relationships between its elements. These invariants, which could, e.g., be identified with the structure of the equations in system (1), would seem to represent some sort of common

standard or 'norm' for individual organisms within species or even wider taxonomical groups. A striking example of the existence of constant relations in an organism is the various 'allometric' relationships; thus, e.g., the allometric relationship between the six mammalian circulation parameters deduced by Günther and Barra is constant for the whole class of mammals from mouse to elephant, though the body weight of these two types is in the ratio 1 : 200 000. One can suppose that strong deviations from the allometric relations preserved among existing mammalian forms would mean a deterioration in their general fitness and ability to survive. Some experimental data have indeed shown the importance of preserving certain relations between physiological parameters form the point of view of functionability (for quotations see *Vácha 1976a*). The idea that a set (system) of important relations in an organic structure from the basis of its viability leads to a deeper understanding of the relation of individual variants to species type. We have already stated that the evaluation of an individual degree of health or efficiency on the basis of a comparison of signs of the individual with a statistical species 'norm' is of only rough orientational value and that the decisive comparison is that with the value of the sign which is usual for that individual, i.e. with its 'individual norm'. If on the other hand we speak of a species optimum formed by an invariable system of relationships between characters of that species, it means that the individual is only 'normal' if its individual structure observes these relationships. The two points of view are not, however, mutually exclusive, but complementary: 'normality' in an individual (efficiency, adaptability, health) is not determined by the relationship of absolute individual values of characters to the appropriate population means, but by a system of obligatory invariable relationships between them, representing the group 'norm'. Interindividual variability need not therefore mean a deterioration of biological efficiency in the divergent individuals, as long as certain essential relations between characters are observed. *The individual 'norm' (in the sense of health) would therefore be related to the absolute values of isolated characters, while the species 'norm' would be a measure of the adequacy of the individual structure as a system of relations.*

IV THE PHILOSOPHY OF NORMALITY

Analysis of the empirical facts concerning interindividual biological variability has revealed that each individual represents a unique systemic whole, and that in the evaluation of his fitness a statistically constructed norm offers only a very rough guide. For a number of reasons, the statistical mean is not the indicator of the highest biological value and it is necessary to look for other, independent criteria. We shall first try to show that these criteria are, after all, of a philosophical, not of a statistically descriptive character, and that the purely descriptive conceptions of normality

(given above approximately under [1] to [3] are necessarily incomplete when put to use in the sphere of applied science. Finally we still have to face the question of the conceptual unity of descriptive and value normality, which we will attempt to place more exactly in its philosophical context by reference to the Platonic tradition iu biology, without, however, attempting here any critical appraisal of the latter.

1) *Limits of a Statistically Constructed Norm*

Some authors working in basic biological research (taxonomy, physical anthropology, biometrics, etc.) are striving to provide the concept of normality with a completely objective content free from every evaluation and from all moot points; therefore these authors intend to leave aside the problem of the relationship between the individual's position within the population range and his 'biological value' (adaptedness, health, fitness). In their opinion, normal concerns only the oftenness of a phenomenon and requires defining by statistical means.

From our point of view, a statistical description of interindividual biological variability would not represent any particularly interesting problem, if only the authors of the above direction were successful in leading their objectivistic resolutions to the end. However, it is apparent at first sight that they too cannot do without a certain evaluation; usually they do not describe variability of biological material in general, but strictly select it in advance according to criteria of health, morphological integrity, etc. (typically, e.g., *Günther 1935*). After all, this is understandable: variation studies in human populations serve, in the long run, to practical (medical, preventive, eugenic, etc.) purposes. From the point of view of these aims, the value of statistical data comprising simultaneously healthy and pathological reports would be entirely dubious. But even if the connection of biology with Man's practical life interests is not that immediate, an exclusion of the value aspect seems hardly to be feasible. A taxonomist too distinguishes variants included in the 'normal range' of variation from 'anomalies', pathological or teratological forms. He thus applies value criteria that do not always follow from the biometric properties of the material as such. The 'normal range of variation', in basic biological research too, is usually determined in healthy samples of subjects (the criteria of health used being very different and often not clearly defined) and thus corresponds, in a certain way, to the state of health.

However, the concepts of health and disease are typically value concepts, i.e. relating the estimated phenomenon to the tendencies of a living being, a living system. This 'system' may be we people ourselves, or some other kind of organism. In this latter case we employ, in appropriate variants, similar criteria as in the former one, while we ascribe also to the other living beings the tendency to be preserved alive and to be able, undisturbed, to perform all fundamental life functions. Herein lies the reason why

a taxonomist too makes use of the criteria of health and integrity in describing generic variability.

Naturally, what suits or does not suit the tendencies of a living being is difficult to examine only by exact methods. *Offer* and *Sabshin* (*1966*) convincingly demonstrated how *the concept of health and disease had always been historically conditioned* by systems of values from a wider cultural environment, so that even now it is not free from the most varied philosophical, religious and aesthetic influences. The question of a desirable physical and mental state of man is, in the final analysis, a question for the philosophers. « Health means functional ability. In order that we might define health, we must know what a function is. Each organic function serves a greater whole: an entire man or animal, or even a group, a family or a species. Yet, what does to serve mean? What does an organ serve? The eye seems to have its purpose; it is here for man. Is man here for anything? Does a sequence of purpose end in a self-purpose, a sequence of functions in some closed functional whole? We also say about man himself that he is healthy or ill. Is man's health also the ability to function? What is the purpose of his function? Possibly in the society? Can we speak of health and disease of a whole society? A morbid age, a healthy nation, the schizophrenia of modern consciousness — are they metaphors, or do the concepts of health and disease reach that far? » (*von Weizsäcker 1971*). We cannot, however, pursue our theme so far here. Let us consider instead the question of whether statistics might provide some means of defining health objectively, whether it would not still be possible to distinguish the diseased from the healthy on the basis of the biometric properties of the material as such.

It is sometimes assumed that the concept of statistical homogeneity of a sample may be used to define health. From the viewpoint of statistics a sample is homogeneous when it corresponds to the one functional rule for the composing of random elements, i.e. to the one rule for the generation of a definite frequency distribution (in biology, this is practically most frequently a Gaussian distribution). The mechanism leading to the generation of a Gaussian distribution is generally known: it is applied when the effect of a high number of small, mutually independent, random variables is summed; moreover, none of the acting factors may be markedly greater than the other factors. If one or other of the factors acts more on a given character than the rest ('a *gross* factor'), then the homogeneity of a sample is violated, which will manifest itself, e.g., by reduplication of the peaks of the distribution curve or by other deformations. We have already mentioned the fact that the 'pure' Gaussian frequency distribution occurs much less than usually supposed in biological characters; one of the causes is the influence of the gross factors tending towards heterogeneity, which in real populations are almost universal and which, moreover, cannot be regarded as pathological. Here we mean, first of all, the above-mentioned genetic polymorphism, but we can also regard in

the same manner, e.g., the influence of selection forces, which is capable of distorting the distribution of any selectively relevant character. It is therefore very difficult, if not in principle impossible, to obtain statistically wholly homogeneous samples even from healthy populations. On the other hand, if we consider the fact that even within the framework of a homogeneous sample of healthy subjects differences as to the 'degree of health' would have to be presumed, we arrive at the obvious conclusion that the difference between health and disease is not definable on the basis of the concept of statistical homogeneity (cf. *Vácha 1978*). '*Gross*' and '*minor*' factors may equally give rise to both 'healthy' and pathological characters.

Yet, would it not be possible, at least in some particularly marked cases, to determine health or disease from the very frequency of a phenomenon itself? Hexadactyly in man is often mentioned as an example of an evidently pathological state in connection with its extreme rareness. Similarly, left-handedness is frequently considered as an inferior state on account of its minority, but there is no empirical base for this. On the other hand, short-sightedness or a number of teeth less than 32 could be said to be pathological in man, even if they were a majority phenomenon.

It is clear, therefore, that in defining what is pathological and what is not, statistics cannot have the last say, and we are once more left to value judgements with their philosophic background and possible 'subjectiveness'. Making no distinction between healthy and diseased well suits the traditional restraint of natural sciences in the question of values, but it exposes such knowledge to the danger of practical inapplicability. Fortunately, our situation in a biologically oriented paper is somewhat alleviated in that we need consider normality only from the biological viewpoint, not from a generally anthropological one. Here health is the 'functioning' of the organism on a less complicated level, where agreement as to what is desirable is more easily reached. Our guide may, in certain cases, be a careful analysis of the phenomenon itself. Thus for instance, short-sightedness and colour-blindness are pathological phenomena, because they are directed against the sense of sight from the point of view of the visual world. An equally evident and (for reasons of analogy) pathological character is exhibited, e.g., by congenital malformations, suppurative processes, cancer, etc., i.e. gross functional violations. Perhaps disease in general may be phenomenologically conceived as a 'dis-ease', as a restriction of our disposing of the physical possiblities and a restriction of our freedom.

The biometricians aiming at a purely statistical definition of normality cannot avoid evaluating, as we have seen, even in selecting a reference sample. What is more, these authors are mostly not content with a mere statistical description, but they narrow the established variation range by means of various methods (using the double of standard deviation, etc.). They justify this procedure in claiming that, by the exclusion of extreme variants, the number of overlooked pathological states and wrongly

measured values is reduced. However, a number of objections can be raised against this current practice. As we have already shown, it is not proved that the extreme *as such* are connected with pathology. The normal (= Gaussian) curve cannot supply any instruction as to where the boundary between normal and anomalous should be led, and the boundary is to be set only by convention. *Murphy (1966)* reminds us of the fact that the practice of excluding the extreme 5% developed from the misunderstanding of Neyman's and Pearson's technique of hypothesis testing. *An analysis of the attempts at a statistical definition of normality shows that this definition is impossible without a previous, at least approximate and hypothetical, setting of the ultimate values and goals of life.* The very use of the term ' normal' itself suggests that for statistically oriented authors, something more than the purely descriptive stating of the frequency of a phenomenon is in question. However, the relation between frequency and health represents a very intricate problem that in no case can be solved by simply 'cutting off' a definite percentage of cases from the variation range.

Finally, one more remark on the attempts to simply identify the biological norm with adaptedness in the evolutional sense. However apparent and simple this solution seems to be, it should be considered that quite often we do not know the direction of selection; for example, we do not know what adaptive role the degree of intelligence plays (*Murphy 1966*). We largely attribute adaptive advantageousness to a certain character *ex post facto*, from its frequent occurrence, instead of being able to give the reason for its advantageousness. All this strongly reduces the practical applicability of adaptedness as the criterion of normality. At the same time it is obvious that choosing adaptedness as an absolute criterion of normality is not only a matter of pure science, but again has a philosophical background. We shall presently show that an intuitive conception of normality in the general sense ('conforming to pattern, idea') is hardly compatible with the absolutely conceived principle of selection.

2) *An Absolute Normality*?

It is striking that the same term — 'normal' — is used in so many different connotations. At the same time the word is used as if it obviously referred to one single thing, or at least to several aspects of one thing, whose actual 'existence' is something given *a priori* and is unproblematic. It is taken for granted that essentially we know beforehand what normality is, that we need only define it precisely for a practical evaluation of signs and functions. This seemingly common intuition is apparently also a precondition of the popular conception of normality given above, under (7). This naive conception presupposes that the various meanings of the word 'normal' have a common basis, that some sort of normality exists in a general sense, combining the aspects of frequency, functionality and normativity. But concrete biological facts, as we have seen, significantly

undermine this popular image of normality. Is there then any point at all in speaking of general normality rather than averageness, usualness, health, etc., separately? Is there still any justification in the general intuition, regarding normality in some absolute sense?

Historically the naive conception of normality can be understood as the exaggerated and inadequate application of Plato's teaching on ideas and, derived from it, the traditional metaphysical conception of the nature or essence of the thing.

The danger of overemphasizing temporal and structural invariance is undoubtedly entrenched in this tradition. European metaphysics from the outset considered being to be that which is constant, which remains and continues, as opposed to the world of that which comes into being. Being is identified with the essential; the essence of a thing is distinct from the fact of its existence and is that which is necessary as against the contingency of the physical realisation of the thing. Within the framework of this tradition the essence precedes existence, and being, understood as factuality, as existence, is a 'resisting moment', which metaphysics is ever anew trying to exclude. Traditional philosophy relies on the ontology of the essence (*Landgrebe 1952*).

The influence of this philosophical tradition has projected itself into the history of biological thought in many ways. One of them — and by no means the happiest — is in the conception of the species norm as an idea. The contemporary author who has pregnantly expressed this point of view is *von Weizsäcker* (*1971*): « The norm which determines biological type ... is that which the zoologist describes when be speaks of the grey goose ... No empirical grey goose conforms exactly to this norm, and the norm gives no statistical mean for the empirical grey goose. The grey goose in the zoological conception is more a Darwinistically interpreted Platonic idea of the grey goose. This idea characterizes that somatic structure and that behaviour from which the empirically occurring grey goose may not depart too far if it is to survive and to have viable offspring ... We recognize the empirical grey goose according to what it has in common with the grey goose norm, or its share (METHEXIS) in the grey goose norm. The norm therefore exists outside (CHORIS) all empirical grey geese, but for that very reason is that which can be recognized in empirical grey geese in the sense of zoological science ».

The popular understanding of normality is an application of the Platonic idea of species to all the individual characters and functions of an organism. The idea of species is composed, as it were, in this conception, of many characters, each of which has its ideal magnitude; since this ideal magnitude is *unique*, it is natural to identify it with some suitable characteristic, most often with the mean. This is endorsed by the circumstance that the combinatorial laws lead to a Gaussian-type distribution (or to some distribution derived from this); the variational series is maximally frequent around the centre, while extremes are comparatively

rare. Then the idea that most individuals cannot diverge from the norm or the idea, and therefore from the mean or its immediate vicinity, corresponds to extreme teleological thinking. No marked interindividual differences are usually expected within the normal majority and the state of normal functioning (health) is considered homogenous. This dichotomous interpretation of health and disease is also derived from the model and purpose character of the species idea; a disturbance cannot arise from the nature of things, but only from external, random influences. Thus, in the extreme Platonizing conception, typicalness, frequency, averageness, functionability and optimality are placed in close interdependence.

The popular (naive) conception of normality understands it as adequacy to an a priori idea of a given species, and this in all individual characters of the organism. A constant tension is felt between the idea of species thus conceived and changeable biological reality: reality is variable in space and time and shows many divergences from the idea — faults, pathological cases. Normality has here some sort of mediating function: in its descriptive ('non-evaluating') aspect it attempts, in confrontation with variability, to define the unchangeable boundary of the idea of species, and in its evaluating aspect it attempts to do so in the face of disturbances and pathology. *It is probably best to describe the very deepest intuitive basis of the common image of normality as 'that which corresponds to the pattern'.*

We have shown that current biological empiricism makes the popular (naive) conception of normality no longer tenable. The relation between the position of the character in the range of variation and its biological value cannot be expressed by any simple rule — e.g., in the sense of a necessary interdependence of the optimum and the mean — and, moreover, an average individual simply does not exist. The same biological function may be realized individually by vastly different means. The idea, essence or nature of species can apparently be defined only along very general lines, and a sufficient area must be left for individual variation. At the same time the basic dependence of biological value on the considered level of the organization (character — organism — population), on environment, and on time, must be respected.

But the sense of basic intuition on normality need not necessarily be lost along with the demise of the naive conception. Does there exist something like a model idea of a thing, even if only in an elementary, very general form? The answer to this question is of course by now part of a philosophical creed and we shall not attempt to answer it here. From the biological point of view we have indicated that certain systemic (mathematical) relations represent some sort of *a priori*, model moment in the design of living organisms. Whatever the case may be, we have only limited access to the concrete form of the ideal or model, and here we find ourselves involved in a discussion on the most general philosophical level. But even if we were to agree on which goals are to be given priority in life as the highest, and to reach a generally accepted definition of Man

and Animal, we could never deny the manifold possible realizations of these goals and this essence. If it can, in certain circumstances, be determined what optimal features some basic functions of an organism should have, it is far more difficult with concrete properties of subfunctions, and particularly problematic with structural parameters. Essentiality or naturalness are too general conceptions to serve directly as a criterion for evaluating the properties of an organism; at best they can serve as a guideline to concrete considerations of biological values. In view of the fact that the 'existence' of normality in a general sense is only defensible under certain philosophical premises which are not generally accepted, it would be appropriate if the term 'normal' were reserved for philosophical and metatheoretical discussion only. In biological and medical practice, where this term is burdened with great ambiguity, it would be better to avoid its use altogether and to substitute unambiguous concrete terms as necessary (average, frequent, healthy, reference, etc.).

J. V.

BIBLIOGRAPHY

GROTE, L. R., *Ueber den Normbegriff im ärztlichen Denken*, Zschr. Konstitutionslehre, 8: 361, 1922.

GÜNTHER, D., *Die Variabilität der Organismen und ihre Normgrenzen*, Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1935.

HAUSMAN, D. B., *What is Natural?*, Persp. Biol. Med., 19: 92, 1975.

HILDEBRANDT, K., *Norm und Entartung des Menschen*, Sibyllen-Verlag, Dresden, 1920.

LANDGREBE, L., *Philosophie der Gegenwart*, Athenäum-Verlag, Gerhard von Reutern K. G., Bonn, 1952.

LÁT, J., *Biological Concept of Normality*, in SYŘIŠTOVÁ, E. *et al.* (eds.), *Normality of Personality*, Avicenum, Prague, 1972 (in Czech).

MARTIN, H. F., GUDZINOWICZ, B. J. and FANGER, H., *Normal Values in Clinical Chemistry*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1975.

MCCAMMON, R. W., *The Concept of Normality*, Ann. N. Y. Acad. Sci., 134: 559, 1966.

MEYER, A., *Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis. Beiträge zur Theorie und Geschichte der biologischen Ideologien*, Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1934.

MURPHY, E. A., *One Cause? Many Causes? The Argument from the Bimodal Distribution*, J. Chron. Dis., 17: 301, 1964.

MURPHY, E. A., *A Scientific Viewpoint of Normalcy*, Persp. Biol. Med., 9: 333, 1966.

MURPHY, E. A., *The Normal, and the Perils of the Sylleptic Argument*, Persp. Biol. Med., 15: 566, 1972.

OFFER, D. and SABSHIN, M., *Normality. Theoretical and Clinical Concepts of Mental Health*, Basic Books, Inc. Publishers, New York - London, 1966.

POSPÍŠIL, M., *Electrolyte Balance of the Internal Environment as a Factor Conditioning Individual Differences in Metabolic, Cellular and Stress Activities of the Organism*, Agressologie, 15: 169, 1974.

POSPÍŠIL, M., *Hormonal Balance and Radiation Resistance of the Mammalian Organism. A Speculative Review*, Agressologie, 18: 73, 1976.

RAUTMANN, H., *Untersuchungen über die Norm, ihre Bedeutung und Bestimmung*, G. Fischer, Jena, 1921.

SARGENT, F. II. and WEINMAN, K. P., *Physiological Individuality*, Ann. N. Y. Acad. Sci., 134: 696, 1966.

VÁCHA, J., *Comments on the System Conception of a Multicellular Organism*, Biologické listy (Prague), 41: 109, 1976a (in Czech; Engl. summary).

VÁCHA, J., *Contribution of Radiobiology to the Problem of General Fitness*, Biologické listy (Prague), 41: 1, 1976b (in Czech; Engl. summary).

VÁCHA, J., *What Does is Mean: the So-called 'Normal' Concentration of Serum Cholesterol?*, Časopis lékařu českych, 116: 243, 1977 (in Czech; Engl. summary).

VÁCHA, J., *On the Problem of Frequency Distribution of a Character in a Population of Organisms and of its Interpretation*, Biologické listy (Prague), 1978, in press.

WACHHOLDER, K., *Die Variabilität des Lebendigen*, Naturwiss., 39: 177 et 195, 1952.

WEIZSÄCKER, C. F. VON, *Die Einheit der Natur*, Carl Hanser Verlag, München, 1971.

WEYEV, E. M. (ed.), *The Biology of Human Variation*, Ann. N. Y. Acad. Sci., Vol. 134, 1966.

WILLIAMS, R. L., *Biochemical Individuality. The Basis for the Genetotrophic Concept*, J. Wiley, Inc., New York, 1956.

La biologia e il problema della normalità

JIŘÍ VÁCHA
Czechoslovak Academy of Sciences, Brno

Il termine 'normale' nelle più varie combinazioni — 'valore normale', 'animale normale', 'campo normale' — fa parte delle espressioni usate con maggior frequenza in biologia. A prima vista il suo significato è chiaro a tutti, ma un tentativo anche superficiale di definire il concetto di normalità è sufficiente a rivelarne l'ingannevole polisemia. La normalità è lo sfuggente Proteo, il cui aspetto muta a seconda della branca della biologia e del pensiero filosofico degli autori. L'uso universale di questo termine fa ritenere che esso sia indispensabile in biologia o almeno che tale venga reputato dalla maggior parte dei biologi: tuttavia sarebbe vano cercare una spiegazione di cosa si intenda con la parola 'normale' nei testi classici di fisiologia e anatomia 'normale'. Essi studiano dettagliatamente le proprietà di qualcosa che non è esattamente definito; le strutture e le funzioni descritte rappresentano valori medi desunti da gruppi di individui scelti secondo criteri determinati in modo superficiale. Inoltre le caratteristiche individuali vengono di solito trascurate in quanto ritenute irrilevanti, per cui si ha l'impressione che il significato di normalità sia ovvio a priori e non richieda ulteriori spiegazioni: dopo tutto la normalità è appunto ciò che è descritto nei testi.

Un solo articolo non può certo presentare una trattazione esauriente di tutti gli aspetti del problema della normalità in biologia: negli ultimi anni sono stati pubblicati eccellenti studi, ad esempio da *Murphy* (*1966*, *1972*) o da *Offer* e *Sabshin* (*1966*). Anche se in questo articolo cercheremo di dare una visione di sintesi, non siamo tuttavia in grado di prendere in considerazione tutto quanto è stato finora scritto sul tema inesauribile della normalità biologica. Nostro primo compito sarà quello di chiarire i vari significati del termine 'normalità' nella letteratura biologica e quindi, in base ai risultati delle ricerche contemporanee sulla variabilità, di analizzare i vari concetti che sottendono tali significati. Cercheremo in particolare di appurare se l'empirismo biologico offra la base per quel mescolarsi della normalità nel significato statistico e di valore, che è tipico dell'uso corrente. Considereremo infine quanto sia accettabile il concetto di normalità nella sua accezione generale ed assoluta, l'unica che potrebbe giustificare l'uso ulteriore del tanto polisemico termine 'normale'.

LA NORMALITÀ NELLA STORIA DEL PENSIERO BIOLOGICO - I

Il termine 'normalità' è collegato alla parola '*norma*' del latino classico, che in origine stava ad indicare uno strumento per la misurazione degli angoli retti, la squadra del falegname; quindi, in senso applicato, la regola morale. La parola greca affine KANON (regola) significava etimologicamente la pertica di canna dell'agrimensore. La classica 'norma' veniva dunque intesa esclusivamente nel senso di misura, di modello da imitare, ed ancora non era implicito in essa l'aspetto di diffusione, di frequenza di

un fenomeno che è tipico del significato odierno del termine 'normale'. Le radici del moderno concetto di normalità risalgono tuttavia certamente all'antichità, in particolare alla dottrina platonica delle idee ed all'insegnamento aristotelico sulla natura delle cose.

L'antica scienza è caratterizzata da *Meyer* (*1934*) come dottrina del tradurre le idee in realtà. Il cosmo antico è un tutto finito, chiuso, la cui vera realtà è riflessa nella sua immutabilità, nella sua quiete e nel suo equilibrio armonico qualitativamente concepito. Per Platone le cose reali percepibili attraverso i sensi non sono che riflessi di idee immutabili accessibili solo al pensiero puro. E la cognizione stessa di queste idee cosmiche eternamente dimoranti in se stesse in perfetta quiete — gli archetipi di tutte le cose — è per l'antichità il solo scopo della ricerca che abbia vero senso. *Hausman* (*1975*) rintraccia le più profonde radici storiche del concetto di 'naturale' nella dottrina aristotelica di natura e accidente. Per Aristotele le qualità essenziali sono quelle senza le quali una cosa semplicemente non sarebbe una cosa del genere a cui appartiene e cesserebbe di esistere; secondo una formulazione classica più tarda, queste proprietà essenziali sono proprie *omni, soli, semper*. L'essenza (natura) specifica così la cosa per quanto riguarda il suo genere e nel contempo stabilisce i mutamenti che può subire, come può e deve 'funzionare'.

L'antico concetto di idea-tipo ha svolto un ruolo decisivo nel porre le basi della moderna biologia. Nella concezione di Linneo e Cuvier le categorie sistematiche sono una somma dei caratteri in cui individui di una stessa categoria concordano e per i quali al tempo stesso differiscono dagli individui delle altre categorie: esse quindi sono esattamente ciò che Platone chiamava « idea di gruppo ». Vedremo come il moderno concetto popolare di normalità sia assai vicino a questa modalità di pensiero, ma vi aggiunga un aspetto quantitativo ignoto agli antichi.

Un'idea che ebbe grande diffusione nell'antichità, specie nell'estetica, fu quella di media, distanza eguale tra due estremi. Con il progredire della moderna biologia, il concetto di 'media' è stato meglio precisato. Mentre nell'antichità le misurazioni seriate non erano note e le proporzioni venivano determinate su individui di forma 'esemplare', il secolo XIX segna l'avvento dell'idea di media aritmetica di un maggior numero di misure eseguite su individui diversi. Questo requisito venne soddisfatto per la prima volta nel 1838 da Quételet, che costruì il suo « Uomo medio » usando i valori medi delle sue singole caratteristiche. Dal tempo di Quételet è universalmente considerato naturale il tipo di variabilità delle caratteristiche biologiche che corrisponde alla funzione di distribuzione gaussiana, cioè la cosiddetta distribuzione normale (questo termine è un termine tecnico matematico e, materialmente, non ha quasi nulla in comune con la 'normalità' biologica; per chiarezza useremo in questo articolo il termine distribuzione 'gaussiana'). L'integrale gaussiano era in origine destinato alla descrizione matematica dell'errore nelle misure fisiche. La sua applicazione ai caratteri biologici da parte di Quételet gli ha assicurato grande popolarità sia nei testi che nel pensiero biologico fino ai giorni nostri: esso tuttavia ha contribuito a degradare la variabilità biologica interindividuale a fenomeno incidentale, a 'errore di natura', paragonabile ad un errore di misurazione fisica.

Altra fonte di discredito per quanto riguarda la variabilità è stata la medicina. *Offer* e *Sabshin* (*1966*) hanno posto l'accento sul nesso tra idea di normalità e concetto di salute e malattia che è sempre stato un prodotto del suo tempo. La visione tradizionale che ha dominato fino alla seconda metà del secolo XIX era basata sulla necessità pratica del medico di liberare il paziente da ogni sofferenza o pericolo di vita. L'attenzione era focalizzata sulle condizioni francamente patologiche evidenti anche al profano e allo stato di salute si dedicava appena un rapido cenno nell'introduzione

allo studio di nette deviazioni da esso (nell'insegnamento medico questa pratica non ha subìto sostanziali modificazioni fino ai nostri giorni). Connessa con il concetto totalmente negativo di salute come pura assenza di evidente patologia è l'idea di salute come stato omogeneo caratteristico della maggior parte della popolazione umana, in contrasto con la nettamente diversa condizione di malattia. La salute sfugge alla nostra attenzione finché è presente per riproporsi ad essa solo quando è assente.
Furono le ricerche di Pasteur e Koch, che ponevano l'accento sulla differenza fondamentale tra organismo non infetto (= sano) ed infetto (= malato), a dare un forte appoggio alla discriminazione dicotomica tra stato di salute e stato di malattia. Il modello infettivo della malattia venne quindi generalizzato ben al di là dei suoi confini originari ed occorse molto tempo per discernere nuovamente i limiti entro cui esso poteva trovare applicazione. (La scoperta del mezzo interno dell'organismo da parte di Bernard ed il concetto di omeostasi di Cannon richiamarono per primi l'attenzione sulle condizioni interne dell'organismo). Il fondamentale polo di opposizione alla concezione della malattia come dovuta ad una sola causa è la dottrina costituzionalista che, dal tempo di Ippocrate, fa derivare la malattia dalle condizioni del singolo organismo e non dall'azione di fattori nocivi esterni, portando in primo piano l'organismo 'normale' nelle sue condizioni 'naturali'.

La questione della normalità fu intensamente dibattuta dalla dottrina costituzionalista tedesca nel periodo tra le due guerre mondiali. L'evoluzione del problema della normalità offre a quel tempo uno spettacolo interessante. Furono necessari quasi cinquant'anni prima che il concetto originario, troppo profondamente radicato nella tradizione platonica, venisse sostituito dal più moderno concetto di variazione. Tipica — e indubbiamente assai autorevole per gli sviluppi futuri — è l'opinione di *Rautmann* (*1921*). Egli suppone che l'identificazione della norma con la media aritmetica implicherebbe che non esiste nulla di normale; d'altro canto, « non tutto ciò che avviene nei soggetti normali può essere normale, perché in tal caso pressoché tutto sarebbe normale ed il concetto di una norma indispensabile si ridurrebbe a nulla sotto le nostre mani ». La norma, dunque, dev'essere un intervallo definito, delimitato naturalmente e con sufficiente nettezza al di sopra ed al di sotto. Rautmann diventa così il fondatore dell'attuale approccio statistico al problema della normalità. Al tempo stesso egli è un rappresentante tipico della concezione che correla l'abnorme, ciò che è al di fuori dei limiti della norma statistica, con il patologico, di una concezione cioè che identifica la normalità statistica con quella funzionale. Al contrario, altri sostenitori di una normalità statisticamente definita erano ansiosi di affrancarla da ogni giudizio di valore e cercavano di darne una definizione in senso puramente descrittivo, nella speranza di sfuggire così all'accusa di 'soggettività' (un tipico esempio è *Günther 1935*). Caratteristico è il fatto che gli autori dell'epoca orientati in senso statistico non giunsero ad un accordo circa a quale parte della popolazione alle estremità del campo di variazione dovesse essere esclusa dalla definizione di normalità.
Una visione di stampo prettamente platonico fu sostenuta nelle discussioni del periodo prebellico da *Hildebrandt* (*1920*), il quale si scagliò contro la norma statistica in quanto questa non dava alcuna indicazione circa lo stato ottimale della specie. Nella sua essenza, la norma è un culmine, non un intervallo di variazione, e questo culmine non si raggiunge per induzione, ma attraverso un « senso del vivente ». Dal lato opposto, il significato di norma statistica dal punto di vista della medicina pratica venne aspramente criticato da *Grote* (*1922, 1923*). La medicina pone sempre a confronto singoli individui, unici ed irripetibili: quindi la classificazione medica deve sempre scaturire dalla norma personale dell'individuo, dalla sua « responsività », che sta a significare « congruenza tra la prestazione fisiologica dell'individuo e la prestazione a lui

necessaria ». L'individuo può essere sano — responsivo — indipendentemente dalla qualità o quantità di morfologia e di funzione che la norma statistica vorrebbe prescrivergli. Nel dir questo Grote esprimeva, più di mezzo secolo fa, un'idea ora attualissima; analogamente, la dottrina costituzionalista tedesca del dopoguerra annoverava tra i suoi principi fondamentali il concetto di 'norma individuale'.

Un capitolo praticamente nuovo del nostro problema è rappresentato dalle ricerche empiriche sulla variabilità nell'uomo e nell'animale dal punto di vista genetico, biochimico e fisiologico, ricerche che si sono sviluppate nel corso dell'ultimo ventennio. Un pioniere in questo campo è il biochimico americano *R.J. Williams*, il quale nel 1956 riassunse una grande quantità di dati suoi e di altri autori che documentavano in modo convincente una sorprendente ampiezza della variabilità interindividuale. Il problema della normalità, riportato alla ribalta dalle ricerche sulla variazione, sta diventando attuale nell'antropologia teorica ed applicata (v. ad esempio il *Symposium on Variability* della New York Academy of Sciences-Weyev, *1966*), in psichiatria (*Offer* e *Sabshin 1966*), nella biochimica clinica (v. ad esempio una monografia di *Martin et al. 1975*) ed in altre discipline. In medicina la visione dicotomica di salute e malattia è stata gradatamente sostituita dal riconoscimento della complessa rete di cause ed effetti patogeni e della continua transizione tra i due stati. Con questo, tuttavia, arriviamo già ad una descrizione sistematica dello stato attuale del problema della normalità biologica.

IL CAOS SEMANTICO - II

Procedendo in ordine crescente rispetto alla complessità del problema ed alla preponderanza della componente valore, nella letteratura si possono distinguere i seguenti significati del termine 'normale' ed i seguenti concetti ad essi associati:

1) *Diffusione, usualità*. Nelle lingue moderne, la parola 'normale' non ha solo il significato di 'conforme allo *standard*, alla regola', ma anche quello di 'frequente', 'rappresentato con particolare frequenza', particolarmente nel linguaggio colloquiale. Di conseguenza questo nuovo significato può essere usato da quegli autori che non desiderano applicare criteri di valore e intendono solo esprimere in modo descrittivo la diffusione (frequenza) di un fenomeno. La determinazione concreta dei limiti normale = frequente è naturalmente possibile solo per convenzione: la pratica attualmente in uso è quella di determinare il campo di variabilità di un campione a distribuzione normale (gaussiana) mediante un valore doppio della deviazione standard riportato ai due lati della media aritmetica ovvero mediante un intervallo comprendente circa il 95% della popolazione.

2) *Collocazione nella media*. Normale sta talvolta ad indicare ciò che è medio o modale o ciò che, almeno, è in prossimità di tali valori. Tale definizione della normalità fu resa popolare dalle ricerche di Quételet, ma la sua tradizione è molto più antica (v. *Günther 1935*). Dai principi del calcolo combinatorio consegue che, con i caratteri quantitativi, le varianti medie hanno la più alta frequenza, il che stabilisce un rapporto effettivo tra le definizioni di normalità riportate all'(1) e al (2).

3) *Tipicità*. Il termine 'tipo' è quasi altrettanto polisemico che il termine 'normalità', sì che ci troviamo qui di fronte a notevoli contraddizioni. *Rautmann* (*1921*) pone il segno di eguaglianza tra normale e tipico, vale a dire ciò che caratterizza sufficientemente una serie di variazioni. *Wachholder* (*1952*) invece fa una netta distinzione tra normale e tipico, in quanto intende la tipicità come un concetto di biologia teorica del tutto privo di criteri di valore e riferisce il concetto di normalità — identificandolo col concetto di salute — alla medicina.

4) *Raggiungimento della prestazione adeguata*

(*salute, condizione ottimali*). In questa sfera rientra la tradizionale definizione di salute come condizione priva di sofferenze o di imminente pericolo di vita. Questo coincide essenzialmente con il modello alternativo (dicotomico) di salute e malattia, che considera la salute come uno stato non ulteriormente differenziabile che non richiede una dettagliata analisi e la malattia come uno stato qualitativamente ben diverso, indotto assai spesso da un fattore dominante (incidente, intossicazione, infezione, ecc.). Poiché la grande patologia colpisce solo una piccola parte della popolazione, la normalità nel senso di discreto stato di salute è un fenomeno maggioritario e comprende la definizione di normalità riportata più avanti (1). Se consideriamo la salute come condizione omogenea, il campo di variazione di un carattere determinato in un campione di soggetti sani corrisponde semplicemente allo stato di salute e definisce il cosiddetto intervallo normale (o, più recentemente, 'di riferimento'). L'ulteriore destino dei soggetti che costituiscono il campione di riferimento non viene di solito indagato e non si tiene conto della possibilità che certi valori compresi nell'intervallo di riferimento siano associati ad una patologia *posteriore*. Finora l'intervallo di riferimento è stato quasi sempre interpretato dai medici in modo tale che i valori al suo interno vengono considerati compatibili con lo stato di salute, quelli al di fuori sospetti o apertamente patologici. La pratica corrente di cancellare dall'intervallo di riferimento i valori estremi, anche se determinati in soggetti sani, si basa sulla consapevolezza (spesso vaga) che le condizioni patologiche sono di solito caratterizzate da tali valori. Il collocarsi nelle estremità di una distribuzione, cioè la bassa frequenza, nel pensiero medico attuale è di solito automaticamente correlato con la patologia, il collocarsi nella media, cioè la diffusione, con la salute. Benché, come vedremo, tutte le ipotesi sopra riportate richiedano una revisione critica o almeno una più precisa specificazione, il concetto di intervallo normale (di riferimento) rimarrà per lungo tempo la base di valutazione dei dati biochimici e fisiologici nella pratica clinica. Anche se progressivamente è andata facendosi strada la consapevolezza del polifattoriale condizionamento della malattia, il concetto di intervallo normale è una semplificazione soddisfacente che ha trovato buona applicazione in pratica.

5) *Raggiungimento della prestazione ottimale* (*salute, condizioni ottimali*). In questo ambito salute e malattia sono concepite come condizioni che continuamente passano l'una nell'altra, da prestazioni ottimali ad un minor grado di forma, alla facilità alla malattia, alle sindromi subcliniche, fino a giungere all'aperta patologia. Lo stato di salute viene visto come condizione risultante in genere da diversi fattori, che richiede di essere studiata in tutta la sua variabilità. Dal punto di vista diagnostico può essere considerato una funzione continua del sintomo esaminato ed il picco massimo di tale funzione può esser preso come 'norma'. Da questo concetto deriva che è sostanzialmente impossibile fissare i limiti di normalità.

6) *Raggiungimento della prestazione ideale* (*salute, condizioni ottimali*). È questa una astrazione o un ideale platonico posto a meta ultima dell'azione medica preventiva ed eugenetica. In medicina esso è rappresentato nella maniera più tipica dagli autori orientati in senso psicoanalitico. « Questa posizione viene sempre più adottata dai teorici della medicina preventiva, che hanno ampliato l'orizzonte della malattia fino a comprendervi le sue prime origini e più sottili manifestazioni. Indubbiamente questa prospettiva assumerà importanza sempre maggiore nella medicina del futuro in quanto la grande patologia è in netta diminuzione » (*Offer* e *Sabshin 1966*).

7) *Il concetto di normalità nell'uso quotidiano* (*profano*). Nel pensiero corrente del profano (ma spesso, implicitamente, anche in quello degli studiosi) il termine 'normale' è espressione di un complesso di idee tra loro correlate, di cui spesso non si è neppure esplicitamente consci. Nel pensiero attuale la

grande maggioranza degli individui si avvicina alla media (questo punto di vista è stato sostenuto espressamente da Viola) e l'individuo medio rappresenta lo stato di salute, di 'funzionamento' e prestazione adeguati. La malattia è qualcosa di straordinario, che colpisce una piccola ben definita minoranza di persone, distinguendole nettamente dai sani: le differenze reciproche tra questi ultimi sono trascurabili. Se dovessimo esprimere queste idee sulla normalità, largamente accettate, mediante nozioni più elaborate, potremmo dire che il concetto profano è basato sull'idea di una reale e frequente esistenza del tipo medio d'uomo (organismo) e sul concetto alternativo di salute e malattia. La visione profana identifica la diffusione-collocazione nella media con la salute e la rarità-collocazione nelle estremità di una distribuzione con la patologia. Ci troviamo qui di fronte ad una combinazione dei concetti espressi dall'(1) al (4) ed al loro associarsi con l'idea di individuo medio come fenomeno maggiormente ricorrente nella popolazione.

Anche nella pratica sperimentale il termine 'normale' nel senso di 'sperimentalmente non trattato; controllo' è spesso gravato da una concezione profana. L''animale normale' è l'opposto dell'animale sottoposto ad interventi sperimentali ed i fattori che agiscono sui dettagli delle sue condizioni effettive sono spesso trascurati. Tuttavia, con il miglioramento delle tecniche sperimentali e con il dirigersi dell'attenzione dello sperimentatore verso la ricerca di fattori più sottili, la nozione di 'animale normale' non è più giustificata e viene sostituita da un termine più corretto, cioè organismo 'di controllo, di riferimento'.
Il numero dei significati e dei concetti di normalità potrebbe essere ulteriormente esteso, aggiungendone altri, e suddiviso secondo criteri diversi. Qui ci siamo occupati della divisione più grossolana, che non preclude ma presuppone divergenze di opinione nell'ambito dei significati fondamentali. Così, ad esempio, la normalità nel significato di salute può essere concepita nel senso di normalità collettiva o individuale. Oppure, per il medico, funzione ottimale significa salute ottimale in determinate condizioni, per il biologo, ad esempio, sta ad indicare il grado ottimale di adattamento. È anche da notare che i significati riportati nei paragrafi dall'(1) al (3) sono di impostazione statistica in senso piuttosto descrittivo, quelli dal (4) al (7) di carattere funzionale: tra essi quello illustrato al (6) ha significato più espressamente normativo.

RICERCHE CONTEMPORANEE SULLA VARIABILITÀ E SULLA NORMALITÀ - III

Il punto di partenza per far luce sulla situazione piuttosto oscura determinata dall'uso caotico del termine 'normale' dev'essere costituito dall'analisi dei dati empirici ottenuti nel corso dell'ultimo ventennio dagli studi sulla variabilità biologica.

1) *L'immenso campo della variabilità esclude l'esistenza di un individuo medio*
Una visione obiettiva dei risultati di qualunque serie di misurazioni eseguite in più individui della stessa specie ci convince che le differenze tra individui sono considerevoli, di solito molto maggiori dell'errore del metodo impiegato. Queste differenze sono spesso sfuggite all'attenzione dello sperimentatore in quanto nelle prime decadi di questo secolo i campioni studiati erano costituiti solo da pochi individui e nell'ambito delle scienze sperimentali si assisteva ad un tentativo universale di eliminare per quanto possibile le deviazioni dalla media. Tuttavia negli ultimi decenni sono andati accumulandosi dati assai convincenti sulla ubiquità e sulla esistenza di un impensato campo di variabilità interindividuale. Le differenze tra gli individui raggiungono diversi ordini di grandezza; inoltre le differenze dei segni biochimici e fisiologici, per quanto riguarda almeno parte dei dati, sono riproducibili anche in analisi ripetute e stanno così ad indicare effettive caratteristiche peculiari (decine di esempi di questo tipo sono stati raccolte da *Williams, 1956*).

Ora, se i caratteri di una popolazione sono tra loro linearmente indipendenti, la probabilità dell'esistenza di un organismo che in tutte le sue caratteristiche rientri entro un campo ristretto intorno alla media è assai scarsa. Per esempio, data una completa indipendenza dei caratteri, solo circa sei individui su mille cadrebbero entro il limite convenzionale di normalità, cioè entro i limiti che comprendono il 95% della popolazione per 100 caratteri. Numerose ricerche hanno praticamente confermato questa frequente mancanza di correlazioni lineari (o non lineari semplici). Così l'individuo medio di Quételet non esiste ed anche i tentativi di dividere la popolazione umana in vari tipi costituzionali sono stati confermati solo in parte dai moderni metodi statistici. *Con l'inesistenza nella realtà dell'individuo medio una parte fondamentale del concetto profano di normalità viene ad essere inficiata.* Mentre un carattere individuale può assumere valori medi, un intero organismo non può. Occorre quindi fare una distinzione essenziale tra i valori di 'normalità' di un carattere e quelli di un intero organismo.

È degno di nota il fatto che una simile tendenza ad abbandonare il tipo della specie, nel senso di insieme di segni essenziali vincolanti, è andata facendosi strada in maniera indipendente anche nella tassonomia contemporanea. La cosiddetta tassonomia numerica intende le proprie categorie 'politeticamente', cioè l'appartenenza o non appartenenza ad un gruppo non è fondata su un singolo carattere ma solo sulla presenza di parte sostanziale dei caratteri in base ai quali il gruppo viene definito. Così le categorie tassonomiche, in questa concezione, non differiscono sostanzialmente (nel suddetto senso classico).

2) *La condizione ottimale non è un fenomeno alternativo, ma quantitativo*

Il concetto della prevalenza, in una popolazione, del tipo medio che rappresenta un gruppo internamente omogeneo, è logicamente connesso con il concetto alternativo di salute e malattia. Se i membri medi di una popolazione sana non differiscono in modo notevole l'uno dall'altro, è necessario intendere la salute e la malattia come condizioni qualitativamente diverse e ricercare l'origine della malattia principalmente nell'azione di qualche fattore 'dominante' che colpisca solo quelli da essa affetti. Se tuttavia ogni individuo è in realtà una combinazione affatto unica di caratteri genotipici e fenotipici, si può *a priori* prevedere che queste caratteristiche individuali non siano necessariamente irrilevanti ai fini della sua salute e condizione ottimale, *Williams 1956* (benché in determinate circostanze lo possano essere). Così esiste ovviamente una transizione continua da salute ottimale a malattia manifesta. Sono certamente presenti fattori 'dominanti' eziologici e patogenetici (incidenti, intossicazioni, infezioni fortemente virulente), ma anch'essi possono essere di diversa intensità e inoltre la costituzione dell'organismo ha sempre un suo maggior o minor ruolo nello sviluppo della malattia. Per costituzione si deve intendere il risultato dell'azione di molti fattori genetici e peristatici nel loro sviluppo dinamico, sì che il punto di vista costituzionalista equivale al concetto policausale di malattia. La semplice dicotomia salute e malattia è un caso estremo (modello) che nella realtà non si realizza mai in forma pura (*Murphy 1964, 1972*).

Così anche in un campione di individui sani è necessario tener presente la possibilità di differenze significative nel grado di salute e di condizione ottimale. Se pure il concetto di 'intervallo normale (di riferimento)' è ancora correntemente usato, specie in medicina, occorre prendere atto del fatto che esso è condizionato dal modello alternativo di malattia. Quanto ai presupposti che sottendono il concetto di intervallo normale, che abbiamo ricordato a proposito del concetto di normalità come prestazione adeguata (v. 4), bisogna specificare quanto segue. Valori insoliti di un certo segno si possono osservare anche in persone del tutto sane, che non siano affette da malattie neppure in tempi successivi (*McCammon 1966*). Così in un campione di soggetti sani esaminati attentamente dal punto di vista clinico non

abbiamo facoltà, nell'ambito del modello alternativo, di denotare come *automaticamente* sospetti i valori agli estremi della curva di distribuzione, ma dobbiamo considerare tutto il campione (distribuito, ad esempio, in modo gaussiano) come omogeneo dal punto di vista della salute.
Nel modello alternativo di malattia, lo stato morboso è caratterizzato da una sua curva di distribuzione, spostata in media di un certo valore 'verso l'alto' o 'verso il basso' rispetto alla curva di riferimento. L'appartenenza del singolo valore del carattere esaminato alla popolazione di riferimento o a quella malata dipende quindi dalla posizione, dall'ampiezza e dalla forma non solo della distribuzione 'sana', ma anche delle distribuzioni 'patologiche', dal numero delle condizioni patologiche e dalla loro frequenza in una data popolazione. L'intervallo 'normale' di per sé non dice nulla di tutto questo. Da ciò consegue solo che, a cominciare dal valore limite, in una popolazione sana tutte le varianti estreme sono rare, ma non patologiche. Per quanto riguarda queste difficoltà e la semplificazione inevitabilmente insita nell'uso dell'intervallo di riferimento, possiamo attenderci, anche nella medicina clinica, un progresso del significato di normalità definita non in senso alternativo, ma in termini di graduazione quantitativa (cfr. il concetto di normalità al 5).

3) *La collocazione all'estremità di una distribuzione non significa di per sé malattia*
Le considerazioni esposte nel paragrafo precedente fanno sorgere naturalmente la domanda: qual è il rapporto tra le deviazioni individuali dalla media (*modus*) e l'efficienza del loro portatore, il suo 'valore biologico' e la sua salute? Cercheremo di dimostrare che, alla luce delle nuove conoscenze, il principio tradizionale 'tanto più vicino alla media tanto meglio' non è più sostenibile e che il problema è molto più complesso. In primo luogo certamente non tutte le particolarità individuali (deviazioni dai valori medi e/o più frequenti) sono importanti dal punto di vista delle condizioni ottimali dell'organismo. Vi è una influente corrente dell'attuale genetica di popolazione che considera le varianti alleliche dei geni, indipendentemente dalla rarità della loro comparsa, solo come conseguenza della eliminazione casuale delle mutazioni nel senso di tendenza genetica: ciò significa che, dal punto di vista della selezione, le varianti sono neutre. Il problema di questa concezione cosiddetta non-darwiniana della evoluzione è stato finora oggetto di accese discussioni ed è ben lontano dall'essere risolto. Tuttavia, per quanto concerne la nostra domanda, è essenziale che non si possa escludere a priori l'esistenza di deviazioni genetiche neutre. D'altronde sappiamo che, almeno in alcuni casi studiati in modo più approfondito, certe varianti alleliche sono in rapporto con la diminuzione della funzione di un particolare gene (enzima) e/o hanno un netto carattere patologico (ad esempio, i cosiddetti errori congeniti del metabolismo). In effetti è comprensibile che un cambiamento mutazionale isolato in una struttura così complessa come il DNA o la proteina DNA-dipendente più verosimilmente ne deteriori la funzione piuttosto che migliorarla. Così, nelle condizioni ambientali descritte, una pressione selettiva agisce contro la maggior parte degli alleli mutanti di recente comparsa e fa sì che una quota maggiore di alleli di un particolare gene appaia con frequenza relativamente molto bassa.
Così dal punto di vista del singolo organismo, quegli alleli delle sue disposizioni che compaiono solo molto raramente in una popolazione, e che sono presenti almeno in diverse decine in ogni individuo, possono considerarsi come probabilmente piuttosto deleteri. Se questi rari alleli non provocano direttamente malattie (fenilchetonuria, ecc.), essi possono tuttavia ridurre la resistenza dell'organismo in varie direzioni o richiedere particolari condizioni ambientali, ad esempio integrazioni alimentari (*Williams 1956*). Questi rari alleli tuttavia possono avere diverso significato per la popolazione, per la quale rappresentano una riserva di informazioni genetiche necessarie al suo adattamento ad eventuali mutamenti ambientali.
Ancora un'altra situazione si presenta se

un allele mutante, in combinazione con qualche altro allele dello stesso gene, conferisce al suo portatore particolari vantaggi adattativi (la cosiddetta eterosi, o migliore prestazione degli ibridi). Al tempo stesso uno od anche entrambi gli alleli in questione possono essere di per sé (cioè nello stato omozigote) neutri o addirittura deleteri dal punto di vista adattativo: solo una ben definita combinazione delle disposizioni è vantaggiosa. La selezione naturale, dando preferenza agli eterozigoti, mantiene nella popolazione anche uno o più alleli neutri, o perfino 'inferiori'; questo è uno dei tipici meccanismi di origine e mantenimento del cosiddetto polimorfismo genetico delle popolazioni. Il concetto di polimorfismo genetico viene generalmente inteso come esistenza abituale, in una popolazione, di due o più varianti dello stesso gene, relativamente frequenti e nettamente distinguibili. Come dimostrano ricerche su popolazioni umane ed animali, condotte mediante separazione elettroforetica delle proteine su scala massiva, il polimorfismo è presente in varie decine percentuali dei geni studiati. Un esempio di polimorfismo noto da lungo tempo è rappresentato dai gruppi sanguigni o dai vari tipi di emoglobina nell'uomo; le moderne ricerche hanno soltanto messo in luce un'insospettata frequenza del polimorfismo stesso.

Per quanto riguarda il tema della normalità, l'esistenza del polimorfismo genetico è interessante sotto vari aspetti. In primo luogo rivela chiaramente la relatività della 'normalità' di una disposizione: che una variante genetica (allele) sia vantaggiosa o meno dipende dalla sua valutazione, dal punto di vista dell'individuo o della popolazione, e dalla combinazione in cui entra un dato allele. Naturalmente in tali condizioni è impossibile cercare di scoprire relazioni costanti tra frequenza (diffusione) e valore biologico di una disposizione genetica. Solo l'eterozigosi, o combinazione di vari alleli nello stesso individuo, è frequente e vantaggiosa insieme. Nel nostro ambito un certo 'principio di disegno', e non una concreta variante, è frequente e nel contempo vantaggioso. Possiamo aggiungere che quando diverse varianti di un gene compaiono in permanenza l'una accanto all'altra è spesso difficile definire patologiche alcune di esse. Dobbiamo abituarci all'idea che è assai comune e funzionale che una popolazione sia composta, geneticamente, da diverse varianti pressoché equivalenti dal punto di vista biologico.

La moderna genetica di popolazione ha sottoposto a revisione critica la concezione precedente, evidentemente soggetta al concetto profano di normalità, definita da Dobzhansky come tipologica. In tale concezione la valutazione delle deviazioni genetiche era del tutto negativa. L'unica ragione per mantenere i mutanti nelle popolazioni era che la selezione non è sufficientemente efficace per eliminarli tutti. Quindi il membro ideale di una popolazione era un omozigote privo di 'carica mutazionale'. Oggi è ormai certo che le popolazioni naturali sono notevolmente eterogenee dal punto di vista genetico, ma questo, lungi dall'essere di ostacolo al loro stato ottimale, rappresenta invece una condizione necessaria per la loro adattabilità alla situazione ambientale in continuo mutamento. È stato dimostrato sperimentalmente da Dobzhansky che le popolazioni con un più alto grado di eterozigosi presentano una maggiore adattabilità alle alterazioni delle condizioni ambientali rispetto a popolazioni geneticamente più omogenee.

Ai fini della soluzione del problema del rapporto tra deviazioni individuali dalla media e valore biologico del loro portatore, sono pure importanti i risultati degli studi sulla variazione in campo biochimico, fisiologico e fisiopatologico. Consideriamo un cosiddetto carattere quantitativo continuamente variabile (ad esempio l'altezza dell'individuo, la concentrazione del calcio nel siero, il potere di risoluzione dell'occhio, il Q.I.). La distribuzione di frequenza delle varianti di tale carattere è assai spesso unimodale (purché non si tratti di un carattere ad accentuato polimorfismo, che si manifesta attraverso la polimodalità) ed il suo

picco cade in un certo punto tra i due estremi. Il concetto tradizionale, che trae origine da Quételet, secondo cui le distribuzioni di frequenza dei caratteri biologici sono essenzialmente simmetriche e perfettamente approssimate dall'integrale di Gauss, si è progressivamente dimostrato insostenibile (ad esempio, *Wachholder 1952*, *Martin et al. 1975*). Le distribuzioni dei caratteri biologici sono spesso asimmetriche, eccedenti, ecc., sì che la vecchia tendenza a paragonare la variabilità biologica all'errore delle misurazioni fisiche, conferendole così il significato di 'errore di Natura' accidentale, già per questo motivo non regge. Tuttavia, indipendentemente da questo, resta vero che *il meccanismo di una distribuzione grosso modo normale o log-normale è generale nella misura in cui non esclude che certi valori individuali possano derivare da un'azione del tutto regolare, diretta e controllata delle forze di integrazione dell'organismo e quindi non siano necessariamente accidentali dal punto di vista della sua struttura individuale.*

Che questo sia vero si desume dagli esperimenti di *Sargent* e *Weinman* (*1966*) i quali, in giovani del tutto sani, trovarono deviazioni statisticamente significative dalla media del gruppo, deviazioni che erano individualmente caratteristiche e persistenti nel tempo (e così *McCammon 1966*, v. sopra). In queste ricerche *si osservò una sorprendente differenza nelle modalità con cui organismi sani della stessa specie risolvono problemi fisiologici fondamentali*. La salute, funzione propria, è il risultato di una sempre diversa costellazione dei parametri dell'organismo e dei suoi meccanismi di regolazione. Questo fatto, a prima vista sorprendente, è spiegabile solo quando si valutino tali parametri non in maniera additiva, ma da un punto di vista sistemico. Ricerche sperimentali e in corso di attuazione, volte a studiare la condizione ottimale in rapporto non al singolo carattere isolato, ma a due o più caratteri contemporaneamente e rispetto alla loro reciproca interazione, hanno dimostrato che il significato di un certo carattere ai fini della condizione ottimale è condizionato dalla presenza o dalla entità degli altri caratteri (per riferimenti, v. *Vácha 1976a*). Si potrebbero addurre molti casi di questo genere, che esprimono il mutuo legame tra i caratteri e quindi la natura sistemica dell'organismo: essi comportano non solo una pura sommazione di informazioni indipendenti, ma anche una reciproca influenza della significatività dei singoli caratteri, nel senso di relazioni matematiche moltiplicative o più complesse. Poiché il singolo organismo dal punto di vista teorico può essere inteso come combinazione unica di valori concreti di qualità o caratteri, in base al principio esposto possiamo supporre che *il significato di un dato valore dei parametri dell'organismo ai fini della sua condizione biologica ottimale dipenda dal complesso di tutti gli altri caratteri e quindi dalla costituzione individuale dell'organismo stesso.* La espressione empirica di questo postulato teorico è il concetto clinico della norma individuale. Un certo progresso nell'ambito del modello alternativo di salute e malattia è rappresentato dal tentativo di esaminare contemporaneamente un maggior numero di segni e di determinare la regione della 'normalità' in base alle loro interrelazioni, mediante i metodi statistici cosiddetti multivariabili. La regione del normale viene vista come parte di un piano o iperpiano, che riflette non solo il numero e la distribuzione dei dati, ma anche le loro interazioni. In relazione a quanto sopra, si comprende che anche i valori estremi dei caratteri fisiologici e biochimici possono non essere necessariamente in rapporto con disturbi della salute (anche se, naturalmente, spesso lo sono).

In termini di puro modello, dal punto di vista quantitativo l'organismo può esser trattato come un sistema descritto da un insieme di equazioni in cui, generalmente, tutte le variabili dipendenti compaiono anche in tutte le altre equazioni come argomenti:

$$\begin{aligned} A &= f_a\,(B, C, D, \ldots\ldots Z), \\ B &= f_b\,(A, C, D \ldots\ldots Z), \qquad (1) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ Z &= f_z\,(A, B, C \ldots\ldots Y). \end{aligned}$$

Poiché le funzioni formano un sistema e valgono contemporaneamente, i mutamenti di qualunque variabile rappresentano una funzione assai complessa di tutte le altre grandezze e delle loro interrelazioni. Affinché il sistema funzioni anche dopo la modificazione di alcune variabili, è necessario che siano riorganizzati i valori di un'intera serie di altre grandezze. La risposta del sistema alla variazione di alcuni dei parametri può essere assai individualizzata e talvolta dipende in modo molto sensibile dalla costellazione delle altre variabili. La prestazione ottimale di un sistema biologico è sempre una specie di compromesso tra esigenze contrarie: anche da questo punto di vista il significato biologico di certi parametri dell'organismo è strettamente associato con i valori degli altri parametri. Le suddette proprietà dei sistemi consentono di comprendere come certi valori dei caratteri possano rivestire un ruolo del tutto particolare in un dato individuo e al tempo stesso possano anche collocarsi nelle estremità della distribuzione. Si può anche comprendere come sistemi composti da componenti diverse possano svolgere lo stesso compito quasi egualmente bene. A questo proposito interessanti analogie presenta l'ingegneria dei sistemi: essa, ad esempio, dà la possibilità di ottenere la stessa prestazione mediante vari sistemi di controllo. È possibile, mediante l'opportuna combinazione di elementi meno affidabili, ottenere un sistema che, nel suo complesso, operi in maniera migliore di uno costruito con elementi più affidabili.

Le regole della costruzione sistemica rappresentano una specie di momento a priori o normativo nel disegno dell'organismo. Se si stabiliscono anticipatamente i fondamentali criteri di valore o le fondamentali proprietà necessarie (adeguatezza, omeostasi, ecc.), dai principi matematici della teoria dei controlli e di altre discipline sistemiche scaturiscono determinate regole per la costruzione a priori dell'organismo e delle sue parti (ad esempio, regole di stabilità, ottimalità, ecc.). I sistemi astratti hanno molto in comune con le idee platoniche.

4) *Relazione lasca tra normalità di gruppo statistica e funzionale*

Non solo certi valori estremi di alcuni individui possono essere pienamente giustificati dal punto di vista funzionale, ma la totale dipendenza della condizione ottimale dal valore del carattere può presentare il picco non al centro, ma in prossimità di uno dei limiti del campo di variazione. Consideriamo prima la dipendenza della condizione ottimale *da un carattere singolo, quale, ad esempio, la concentrazione di una sostanza nel plasma sanguigno*. Finché tale dipendenza non è uguale alla costante, questa relazione assume la forma di una relazione matematica con uno o più massimi corrispondenti all'optimum biologico (cfr. il concetto di normalità riportato al [5]). *Se presupponiamo che la popolazione sia in grado di adattarsi discretamente a questa relazione data a priori* (ad esempio, attraverso meccanismi di selezione naturale a livello del genotipo o attraverso varie regolazioni a livello del fenotipo), *possiamo prevedere che il picco della curva di distribuzione tenderà ad occupare l'area dell'optimum;* in altre parole che, dal punto di vista di quel carattere, la maggior parte dei membri della popolazione sarà costruita in modo ottimale. Vi sono situazioni sperimentali in cui questa previsione può essere confermata empiricamente. Gli esperimenti di Pospíšil e collaboratori (per una rassegna, v. *Pospíšil 1974, 1976*) hanno dimostrato, con molte variazioni sperimentali, che i valori ottimali dal punto di vista della sopravvivenza dopo danni provocati da radiazioni ionizzanti — la quale rappresenta una buona misura della « condizione ottimale generale » dell'individuo (*Vácha 1976b*) — sono di solito situati intorno al centro del campo di variazione dei caratteri fisiologici e biochimici prognosticamente rilevanti e coincidono così con le varianti rappresentate con maggior frequenza. In alcuni di questi esperimenti l'esistenza di un optimum nella relazione funzionale tra carattere e quota di sopravvivenza è facilmente spiegabile. Per esempio, se il parametro studiato esprime il grado di attivazione adrenocorticale, cioè di un importante

fattore di regolazione dell'organismo, per un'elementare considerazione di teoria dei controlli ne consegue che il livello ottimale di attivazione adrenocorticale deve evitare gli estremi sia di una regolazione insufficiente che di una regolazione eccessiva. La coincidenza del picco della curva della popolazione con questo optimum fa ritenere dunque che i fattori che armonizzano i due massimi abbiano in questo caso raggiunto il loro scopo. Analogamente, negli esperimenti di *Lát* (*1972*), gli individui più frequenti nella popolazione erano i medio-irritabili con ottime capacità di adattamento. Una situazione simile a quella degli esperimenti descritti è nota anche da studi epidemiologici in corso nel campo della patologia umana: ad esempio, l'optimum dei valori dell'ematocrito si trova in un certo punto tra i due estremi e corrisponde al picco della curva della popolazione.

Tuttavia sono stati descritti casi in cui l'optimum si trova in prossimità degli estremi del campo di variazione di un carattere. Un esempio classico è il livello del colesterolo serico in popolazioni umane ad alimentazione da buona a eccessiva, nelle quali il rischio di malattie coronariche, e quindi di morte, cresce in modo quasi lineare con l'aumentare del livello di colesterolo (*Vácha 1977*). In questo caso il picco della curva della popolazione si trova nella regione dei valori medi di colesterolo, che sono già associati ad aumento del rischio di malattia rispetto ai valori bassi. Questo ed i casi ad esso correlati possono spiegarsi, in via d'ipotesi, con il fatto che una popolazione non si sia ancora adattata a modificazioni delle condizioni ambientali, nel nostro esempio ad un aumento del cibo (*Murphy 1966*). Una spiegazione analoga può valere, ad esempio, anche per l'alta frequenza della carie dentaria nelle civiltà caratterizzate da aumento del consumo di zucchero.

Tuttavia la discrepanza tra optimum e massima frequenza di un carattere può ovviamente aver cause diverse dal semplice ritardo nell'adattamento a nuove situazioni ambientali. Il raggiungimento di un optimum teoricamente possibile sotto certi aspetti sarebbe accompagnato da 'costi' troppo alti per essere utile ad un organismo o ad una popolazione. Inoltre, per quanto buono sia l'adattamento di una popolazione a particolari condizioni, numerose forze di carattere accidentale aumentano la variabilità disorganizzata e rappresentano così un 'rumore' dal punto di vista di uno strutturato adattamento della popolazione stessa: esse sono la mutazione, la migrazione, la ricombinazione e la segregazione del materiale genetico. È quindi inevitabile una certa dispersione intorno al valore ottimale.

Possiamo concludere che dal punto di vista di un carattere quale, ad esempio, la concentrazione dei metaboliti nel plasma sanguigno, la condizione ottimale non sempre coincide con quella che si verifica con la frequenza massima, anche se questo può accadere in circostanze favorevoli. Una effettiva relazione tra i significati di normalità come frequenza (o centralità) e come valore biologico esiste solo là dove agiscono con sufficiente vigore le forze che tendono ad una fattiva strutturazione dell'organismo, quindi dove la maggior parte della popolazione, per quel particolare carattere, si trova vicino ai valori ottimali. Ma qual è la situazione nel caso dei '*caratteri' che esprimono immediatamente una condizione ottimale dell'individuo*, come la resistenza alle radiazioni, la longevità, ecc., il cui 'optimum' quindi, *ex definitione*, è ad un'estremità del campo di variazione?

Da numerosi ben noti casi in campo radiobiologico, tossicologico, ecc., si può inferire che anche i caratteri di questo tipo sono distribuiti come i comuni segni diagnostici, cioè presentano un picco in prossimità della media del campo di variazione. Ciò significa che il fenomeno più frequente in una popolazione è l'individuo che presenta un valore medio e non ottimale di un certo parametro della condizione ottimale: individui con livelli di condizioni ottimali estremamenti alti o bassi si incontrano solo raramente. Naturalmente questo è in contrasto con in casi in cui l'optimum di un segno diagnostico è nel contempo quello rappresentato con maggior frequenza e quin-

di il significato di questi casi diventa relativo. Dal punto di vista della normalità, questo caso di discrepanza tra più alto livello di condizione ottimale e più alta frequenza rappresenta un'altra seria argomentazione contro l'identità tra normalità statistica e normalità funzionale. Possiamo convenire con *Hildebrandt* (*1920*) che non la statistica ci informa sul valore delle proprietà, ma solo una valutazione basata sulle finalità della vita. È certamente vero che « determinati con la norma statistica, il genio e l'imbecillità sono entrambi egualmente mostruosi, in quanto egualmente distanti dalla media ».

5) *La struttura relazionale invariante come optimum della organizzazione della specie*

Nella medicina contemporanea persiste una tensione tra norma (nel senso di salute) concepita statisticamente e norma 'individuale'. Numerosi autori hanno dimostrato che il criterio di salute rappresenta, più che la relazione con la 'norma' di gruppo, la relazione con il campo di variazione individuale manifestatosi durante la vita dell'individuo (tipico è il lavoro di *McCammon, 1966*). La variabilità intraindividuale di una funzione in condizioni di salute è di solito molto minore della variabilità interindividuale totale in una popolazione, vale a dire nel corso della loro vita gli individui mantengono una posizione definita e relativamente costante all'interno di una popolazione. Può quindi accadere, ad esempio in un individuo che costantemente oscilli rispetto ad un segno ai bordi del campo della popolazione, che uno spostamento verso il centro denoti una condizione patologica. L'approccio sistemico dà la possibilità di chiarire, almeno in via ipotetica, il rapporto tra norma statistica ed individuale. Se una certa relazione tra i segni spesso si correla con il grado di condizione biologica ottimale meglio di quanto non faccia il valore assoluto dei segni stessi, si è portati a pensare che la condizione biologica ottimale dell'organismo sia stabilita da un rapporto invariante e costante tra i suoi elementi. Queste invarianti, che potrebbero, ad esempio, identificarsi con la struttura delle equazioni del sistema (1), sembrerebbero rappresentare una specie di standard o 'norma' comune per i singoli organismi nell'ambito della specie ovvero di gruppi tassonomici più ampi. Un esempio significativo dell'esistenza di relazioni costanti nell'organismo sono i vari rapporti 'allometrici'; così, ad esempio, la relazione allometrica tra i sei parametri circolatori dedotta da Günther e Barra nei mammiferi è costante per tutta la classe, dal topo all'elefante, anche se il peso corporeo di questi due tipi è nel rapporto 1:200.000. Si può supporre che forti deviazioni dalle relazioni allometriche conservate nelle forme dei mammiferi esistenti significherebbero un deterioramento delle loro condizioni ottimali e della loro capacità di sopravvivenza. Alcuni dati sperimentali hanno in effetti dimostrato l'importanza di conservare certe relazioni tra i parametri fisiologici, dal punto di vista della funzionalità (per riferimenti, v. *Vácha 1976a*). L'idea che un insieme (sistema) di importanti relazioni sia alla base della vitalità delle strutture organiche porta ad una migliore comprensione della relazione tra varianti individuali e tipo della specie. Abbiamo già detto che la valutazione del grado di salute o efficienza individuale in base al raffronto tra i dati dell'individuo e la 'norma' statistica della specie è solo grossolanamente orientativa e che il confronto decisivo è quello con il valore del dato consueto per quell'individuo, cioè con la sua 'norma individuale'. Se invece parliamo di un optimum relativo alla specie, costituito da un insieme invariabile di relazioni tra caratteri della specie stessa, l'individuo sarà 'normale' solo se la sua struttura individuale osserva tali relazioni. I due punti di vista, tuttavia, non si escludono vicendevolmente, ma sono complementari: la 'normalità' di un individuo (efficienza, adattabilità, salute) non è determinata dalla relazione tra valori individuali assoluti dei caratteri e appropriate medie della popolazione, ma da un sistema di relazioni invariabili obbligatorie tra questi, che rappresenta la 'norma' di gruppo. La variabilità interindividuale non

significa quindi necessariamente deterioramento della efficienza biologica negli individui devianti, purché siano osservate certe relazioni essenziali tra i caratteri. *La 'norma' individuale (nel senso di salute) sarebbe quindi in relazione con i valori assoluti dei singoli caratteri, mentre la 'norma' della specie sarebbe una misura della adeguatezza della struttura individuale come sistema di relazioni.*

LA FILOSOFIA DELLA NORMALITÀ - IV

L'analisi dei fatti empirici riguardanti la variabilità biologica interindividuale ha rivelato che ciascun individuo rappresenta un singolo sistema completo e che per la valutazione della sua condizione ottimale una norma costruita statisticamente costituisce solo una guida grossolana. Per vari motivi la media statistica non è indice del più alto valore biologico ed è necessario cercare altri criteri indipendenti. Tenteremo in primo luogo di dimostrare che, in ultima analisi, tali criteri sono di ordine filosofico e non di carattere statistico-descrittivo e che i concetti di normalità puramente descrittivi (riportati sopra, approssimativamente, dall'[1] al [3]) sono necessariamente incompleti quando vengono utilizzati nella sfera della scienza applicata. Infine, dobbiamo affrontare ancora la questione della normalità descrittiva e di valore, che cercheremo di collocare più esattamente nel suo contesto filosofico facendo riferimento alla tradizione platonica in biologia, senza tuttavia tentare in questa sede una valutazione critica di questa.

1) *Limiti della norma statisticamente costruita*

Alcuni ricercatori nel campo della biologia di base (tassonomia, antropologia fisica, biometria, ecc.) stanno cercando di dare al concetto di normalità un contenuto del tutto oggettivo, scevro da ogni valutazione e da ogni punto discutibile; essi intendono quindi tralasciare il problema dei rapporti tra la posizione dell'individuo nel campo della popolazione ed il suo 'valore biologico' (adeguatezza, salute, condizioni ottimali). Secondo tali autori, la normalità si riferisce solo alla frequenza di un fenomeno e richiede una definizione statistica.

Dal nostro punto di vista, la descrizione statistica della variabilità biologica interindividuale non rappresenterebbe un problema particolarmente interessante se soltanto gli autori suddetti riuscissero a portare a termine il loro disegno oggettivistico.

Tuttavia appare subito evidente che neppure essi possono esimersi da certe valutazioni; di solito non descrivono la variabilità del materiale biologico in generale, ma lo selezionano preventivamente in modo rigoroso, secondo criteri di salute, integrità morfologica, ecc. (esempio tipico è *Günther 1935*). Dopo tutto, questo è comprensibile: gli studi sulla variazione nelle popolazioni umane servono, a lungo andare, a scopi pratici (medici, preventivi, eugenetici, ecc.). A tali fini la validità di dati statistici che comprendano valori sani e patologici insieme sarebbe del tutto dubbia. Ma anche se il nesso tra biologia ed interessi pratici dell'uomo non è così immediato, l'esclusione dell'aspetto valore appare difficilmente possibile. Anche il tassonomo distingue le varianti comprese nel 'campo normale' di variazione dalle 'anomalie', dalle forme patologiche o teratologiche. Egli applica così criteri di valore che non sempre derivano dalle proprietà biometriche del materiale in sé. Il 'campo normale di variazione', anche nella ricerca biologica di base, viene di solito determinato in campioni di soggetti sani (i criteri di salute adottati sono molto diversi e spesso non ben definiti) e corrisponde così, in certo senso, alle condizioni di salute.

I concetti di salute e malattia sono tipici concetti di valore, cioè pongono in relazione il fenomeno valutato con le tendenze di un essere vivente, di un sistema vivente. Questo 'sistema' può essere costituito da noi stessi uomini o da qualunque altro tipo di organismo. In quest'ultimo caso impieghiamo, in appropriate varianti, criteri simili a quelli adottati nel primo, ascrivendo anche agli altri esseri viventi la tendenza a mantenersi

vivi e a poter svolgere indisturbati tutte le fondamentali funzioni vitali. Questo è il motivo per cui anche il tassonomo utilizza i criteri di salute e integrità per descrivere la variabilità generica.

Naturalmente ciò che si confà o non si confà alle tendenze di un essere vivente è difficile da stabilire con i soli metodi esatti. *Offer* e *Sabshin* (*1966*) hanno dimostrato in modo convincente che *il concetto di salute e malattia è sempre stato storicamente condizionato* dai sistemi di valori di un ambiente culturale più vasto, sì che anche ora esso non è libero dalle più varie influenze filosofiche, religiose ed estetiche. La questione di una condizione fisica e mentale desiderabile per l'uomo è, in ultima analisi, una questione da filosofi. « Salute significa capacità funzionale. Per poter definire la salute dobbiamo sapere cos'è una funzione. Ogni funzione organica serve un'entità più vasta: un uomo o un animale intero, ovvero un gruppo, una famiglia o una specie. Ma cosa significa servire? A cosa serve un organo? L'occhio sembra avere una sua finalità: esiste per l'uomo. Ma l'uomo esiste per qualcosa? Una sequenza di finalità termina forse nell'autofinalità, una sequenza di funzioni in un tutto funzionale chiuso? Dell'uomo diciamo anche che è sano o malato. La salute dell'uomo è anche capacità di funzionare? Qual è lo scopo della sua funzione? Forse nella società? Possiamo parlare di salute e malattia di un'intera società? Età morbosa, nazione sana, schizofrenia della coscienza moderna — sono queste metafore o i concetti di salute e malattia si spingono così lontano? » (*von Weizsäcker 1971*). Noi non possiamo tuttavia perseguire il nostro tema così lontano in questa sede. Consideriamo invece se la statistica può dar modo di definire la salute in maniera obiettiva, se ancora non sarebbe possibile distinguere i malati dai sani in base alle proprietà biometriche del materiale in sé.

Si presume a volte che il concetto di omogeneità statistica di un campione sia utilizzabile per definire la salute. Dal punto di vista statistico un campione è omogeneo quando corrisponde all'unica regola funzionale per la composizione di elementi stocastici, cioè all'unica regola per la generazione di una definita distribuzione di frequenza (in biologia, questa è praticamente quasi sempre una distribuzione gaussiana). Il meccanismo che porta alla generazione di una distribuzione gaussiana è in genere noto: lo si applica quando si somma l'effetto di un gran numero di piccole variabili stocastiche reciprocamente indipendenti; inoltre, nessuno dei fattori attivi può essere maggiore degli altri fattori. Se l'uno o l'altro dei fattori agisce più degli altri su un dato carattere ('fattore dominante'), l'omogeneità del campione è inficiata e questo si palesa, ad esempio, con la riduplicazione dei picchi della curva di distribuzione o con altre deformazioni.

Abbiamo già accennato al fatto che nei caratteri biologici la 'pura' distribuzione di frequenza gaussiana si incontra assai meno spesso di quanto solitamente si creda; una delle cause di questo è l'influenza dei fattori dominanti che tendono alla eterogeneità, i quali nella popolazione reale sono pressoché universali e, inoltre, non possono essere considerati patologici. Ci riferiamo, innanzi tutto, al polimorfismo genetico sopra accennato, ma possiamo considerare allo stesso modo, ad esempio, l'influenza delle forze di selezione, capaci di deformare la distribuzione di qualunque carattere selettivamente rilevante. È dunque assai difficile, se non impossibile in via di principio, ottenere campioni statisticamente del tutto omogenei anche da popolazioni sane. D'altronde, se consideriamo il fatto che anche nell'ambito di un campione omogeneo di soggetti sani si deve presupporre l'esistenza di differenze nel 'livello di salute', giungiamo alla ovvia conclusione che la differenza tra salute e malattia non è definibile in base al concetto di omogeneità statistica (cfr. *Vácha 1978*). Fattori 'dominanti' e 'minori' possono in egual modo dare origine a caratteri sia 'sani' che patologici.

Pure, non sarebbe possibile, almeno in alcuni casi particolarmente ben definiti, determinare la salute o la malattia in base alla

frequenza stessa di un fenomeno? L'esadattilità nell'uomo è spesso citata come esempio di una condizione evidentemente patologica in ragione della sua estrema rarità. Analogamente l'essere mancino è spesso considerato una condizione inferiore in ragione della sua minoranza, ma questo giudizio non è fondato su basi empiriche. Al contrario, la miopia o un numero di denti inferiore a 32 potrebbero essere definiti patologici nell'uomo, anche se fossero fenomeni maggioritari.

È chiaro quindi che, nel definire cosa sia patologico e cosa non lo sia, la statistica non può avere l'ultima parola ed ancora una volta siamo rimandati a giudizi di valore, con tutto un loro retroterra filosofico ed una loro eventuale 'soggettività'. Il non fare distinzione tra sano e malato ben conviene al tradizionale riserbo delle scienze naturali nella questione dei valori, ma espone questa nozione al pericolo della inapplicabilità nella pratica. Fortunatamente, in un articolo orientato in senso biologico, la nostra situazione è in certo modo più facile in quanto noi dobbiamo considerare la normalità solo dal punto di vista biologico e non da un punto di vista antropologico generale. Nel nostro contesto la salute corrisponde al 'funzionamento' dell'organismo a un livello meno complesso, dove è più facile l'accordo su cosa sia auspicabile. Nostra guida può essere, in certi casi, l'attenta analisi del fenomeno stesso. Così, ad esempio, la miopia e la cecità ai colori sono fenomeni patologici in quanto diretti contro il senso della vista dal punto di vista del mondo visivo. Un carattere egualmente evidente e (per motivi di analogia) patologico presentano, ad esempio, alcune malformazioni congenite, i processi suppurativi, il cancro, ecc., cioè le grandi violazioni delle funzioni. Forse la malattia in generale può essere considerata, dal punto di vista fenomenologico, come 'infermità', come restrizione della nostra disponibilità di possibilità fisiche e limitazione della nostra libertà.

Gli studiosi di biometria che aspirano ad una definizione puramente statistica della normalità non possono, come abbiamo visto, evitare di fare valutazioni, anche nella scelta di un campione di riferimento. Per di più, questi autori in genere non si accontentano di una descrizione statistica, ma restringono il campo di variazione stabilito mediante vari metodi (usando il doppio della deviazione standard, ecc.). Essi giustificano questo modo di procedere sostenendo che, coll'esclusione delle varianti estreme, si riduce il numero di condizioni patologiche trascurate e di valori misurati in modo erroneo. Si potrebbero tuttavia sollevare parecchie obiezioni a questa pratica. Come abbiamo visto, non è provato che gli estremi siano *di per sé* connessi con la patologia. La curva normale (gaussiana) non dà istruzioni su dove porre il confine tra normale ed anomalo, confine che deve essere stabilito solo per convenzione. *Murphy* (*1966*) ci ricorda che la pratica di escludere l'estremo 5% si affermò a seguito dell'errata comprensione della tecnica di verifica delle ipotesi di Neyman e Pearson.

L'analisi dei tentativi di definizione statistica della normalità dimostra che tale definizione è impossibile senza aver prima fissato, almeno in via approssimata ed ipotetica, i valori e le finalità ultime della vita. L'uso stesso del termine 'normale' indica che per gli autori orientati in senso statistico è in gioco qualcosa di più della pura valutazione descrittiva della frequenza di un fenomeno. Tuttavia, la relazione tra frequenza e salute costituisce un problema assai complicato, che non può in alcun caso risolversi semplicemente 'tagliando via' dal campo di variazione una data percentuale di casi. Infine, ancora un cenno sui tentativi di identificare semplicemente la norma biologica con l'adeguatezza in senso evolutivo. Per quanto ovvia e semplice tale soluzione appaia, occorre considerare che assai spesso noi non conosciamo la direzione della selezione: ad esempio, non sappiamo quale sia il ruolo adattativo del livello di intelligenza (*Murphy 1966*). In genere noi attribuiamo proficuità adattativa ad un certo carattere *ex post facto*, desumendola dalla sua frequenza, mentre non siamo in grado di spie-

gare tale proficuità. Tutto questo riduce fortemente l'applicabilità pratica dell'adeguatezza come criterio di normalità. Al tempo stesso è ovvio che la scelta dell'adeguatezza come criterio assoluto di normalità non è solo una questione di pura scienza, ma è anche sottesa da un retroterra filosofico. Vedremo in seguito come il concetto intuitivo di normalità in senso generale ('conforme al modello, all'idea') sia incompatibile con il principio di selezione inteso in senso assoluto.

2) *Una normalità assoluta?*

È singolare che uno stesso termine — 'normale' — sia usato in tante connotazioni diverse. Nel contempo la parola viene usata come se ovviamente si riferisse ad una sola cosa, o almeno a diversi aspetti di una sola cosa, la cui effettiva 'esistenza' è qualcosa di dato a priori e di non problematico. Vien dato per scontato che sostanzialmente noi sappiamo previamente cosa sia la normalità e che, per una valutazione pratica dei dati e delle funzioni, non abbiamo che da definirla con precisione. Tale intuizione apparentemente comune è manifestamente anche una pre-condizione del concetto popolare di normalità riportato sopra al (7). Questa concezione profana presuppone che i vari significati della parola 'normale' abbiano una base comune, che esista una sorta di normalità in senso generale, la quale riassume gli aspetti di frequenza, funzionalità e normatività. Ma, come abbiamo visto, i fatti biologici concreti fanno vacillare significativamente questa immagine popolare della normalità. Ha quindi senso parlare di una normalità generale e non di centralità, usualità, salute, ecc., separatamente? Ha ancora qualche giustificazione la intuizione generale, che vede la normalità in senso assoluto?

Dal punto di vista storico il concetto profano di normalità può essere considerato un'applicazione esagerata ed inadeguata della dottrina platonica delle idee e della tradizionale concezione metafisica della natura o essenza delle cose, da essa derivata. Il pericolo di dare eccessivo rilievo all'invarianza temporale e strutturale è senza dubbio insito in questa tradizione. La metafisica europea fin dall'inizio considerò l'essere ciò che è costante, che rimane e continua, in contrasto con il mondo di ciò che diviene. L'essere si identifica con l'essenziale: l'essenza di una cosa è distinta dal fatto della sua esistenza e rappresenta ciò che è necessario nei confronti della contingenza della realizzazione fisica delle cose. Nell'ambito di questa tradizione, l'essenza precede l'esistenza e l'essere, inteso come fattualità, come esistenza, è un 'momento di resistenza', che la metafisica perpetuamente cerca di escludere. La filosofia tradizionale si fonda sull'ontologia dell'essenza (*Landgrebe 1952*).

L'influenza di questa tradizione filosofica si è riflessa in molti modi sulla storia del pensiero biologico. Uno di essi — e certamente non il più felice — è il concetto di norma della specie come idea. L'autore contemporaneo che ha espresso questo punto di vista in modo pregnante è *von Weizsäcker* (*1971*): « La norma che determina il tipo biologico ... è quella che descrive lo zoologo quando parla dell'oca grigia ... Nessuna oca grigia empirica è esattamente conforme a questa norma e la norma non dà una media statistica per l'oca grigia empirica. L'oca grigia, nella concezione zoologica, è più un'idea platonica dell'oca grigia interpretata in senso darwiniano. Tale idea caratterizza quella struttura somatica e quel comportamento da cui l'oca grigia che si incontra nel mondo empirico non può scostarsi troppo se deve sopravvivere ed avere prole vitale ... Noi riconosciamo l'oca grigia empirica in base a quanto ha in comune con la norma dell'oca grigia, ovvero dalla sua parte (METHEXIS) di norma dell'oca grigia. La norma quindi esiste al di fuori (CHORIS) di tutte le oche grigie empiriche, ma per questa stessa ragione essa è ciò che è riconoscibile nelle oche grigie empiriche nel senso della scienza zoologica ».

La concezione popolare della normalità è

un'applicazione dell'idea platonica di specie a tutti i caratteri e le funzioni individuali dell'organismo. L'idea di specie, in tale concezione, è composta, per così dire, da molti caratteri, ciascuno dei quali ha un suo valore ideale; poiché questo valore è *unico*, viene naturale identificarlo con qualche appropriata caratteristica, in genere con la media. Questo viene sancito dalla circostanza che le leggi del calcolo combinatorio portano ad una distribuzione di tipo gaussiano (o a distribuzioni da questa derivate); la serie variazionale ha frequenza massima intorno al centro, mentre gli estremi sono relativamente radi. Perciò l'idea che la maggior parte degli individui non può divergere dalla norma o idea, e quindi dalla media o dalle sue immediate vicinanze, corrisponde al pensiero teleologico più spinto. Non si prevedono notevoli differenze interindividuali nell'ambito della maggioranza normale e lo stato di funzionamento normale (salute) viene considerato omogeneo.

Questa interpretazione dicotomica della salute e della malattia deriva anche dal carattere di modello e di finalità insito nell'idea di specie: una turba non può nascere dalla natura delle cose, ma solo da influenze esterne, casuali. Così, nella concezione platonizzante più estrema, la frequenza, la tipicità, la centralità, la funzionalità e l'ottimalità sono in stretta interdipendenza. *Il concetto popolare (profano) di normalità concepisce questa come adeguatezza all'idea a priori di una data specie e questo per tutti i singoli caratteri dell'organismo.* Esiste una costante tensione tra idea di specie in questa accezione e realtà biologica mutevole; la realtà è variabile nello spazio e nel tempo e presenta molte divergenze dall'idea — difetti, casi patologici. La normalità ha qui una specie di funzione mediatrice: nel suo aspetto descrittivo ('non valutativo') cerca di definire il confine immutabile dell'idea di specie nei confronti della variabilità, mentre nel suo aspetto valutativo cerca di farlo nei confronti delle turbe e della patologia. *Probabilmente la descrizione migliore della più profonda radice intuitiva della comune immagine della normalità è 'ciò che corrisponde al modello'.*

Abbiamo visto che l'attuale empirismo biologico invalida il concetto popolare (profano) di normalità. La relazione tra la posizione del carattere nel campo di variazione e il suo valore biologico non è esprimibile con una semplice regola — ad esempio, nel senso di necessaria interdipendenza dell'optimum e della media — e, inoltre, l'individuo medio non esiste. Una stessa funzione biologica può essere realizzata individualmente con mezzi assai diversi. L'idea, essenza o natura della specie può essere definita solo in linea molto generale, lasciando spazio sufficiente alla variazione individuale. Allo stesso tempo dev'essere rispettata la fondamentale dipendenza del valore biologico dal livello di organizzazione considerato (carattere — organismo — popolazione), dall'ambiente e dal tempo.

Ma il senso fondamentalmente intuitivo della normalità non va necessariamente perduto con l'abbandono del concetto profano. Esiste qualcosa come l'idea modello di una cosa, anche in forma elementare e molto generale? La risposta a questa domanda, naturalmente, fa ormai parte di un credo filosofico e noi non cercheremo di darla in questa sede. Dal punto di vista biologico abbiamo visto come certe relazioni sistemiche (matematiche) rappresentino una specie di modello a priori per il disegno dell'organismo vivente. Comunque, a noi è concesso solo limitato accesso alla forma concreta dell'ideale, del modello e ci troviamo qui coinvolti in una discussione al livello filosofico più generale. Ma anche se dovessimo trovarci d'accordo sui fini ai quali nella vita occorre dare priorità come più alti e se dovessimo giungere ad una definizione generalmente accettata dell'Uomo e degli animali, non potremmo tuttavia mai negare le molteplici possibili realizzazioni di questi fini e di questa essenza.

Anche se in certe circostanze si può determinare quali caratteri ottimali debbano avere alcune fondamentali funzioni dell'organismo, questo è di gran lunga più diffi-

cile per le proprietà concrete delle subfunzioni e particolarmente problematico per i parametri strutturali. L'essenzialità o la naturalità sono concetti troppo generali per servire direttamente da criteri di valutazione delle proprietà di un organismo: al più possono servire da guida per una concreta disamina dei valori biologici. In considerazione del fatto che l'"esistenza' della normalità in senso generale è sostenibile solo in base a premesse filosofiche non universalmente accettate, sarebbe opportuno che il termine 'normale' fosse riservato solo all'argomentazione filosofica o metateorica. Nella pratica biologica e medica, in cui questo termine è gravato da grande ambiguità, sarebbe meglio evitarne del tutto l'uso, sostituendolo con termini concreti non ambigui, scelti a seconda della necessità (medio, frequente, sano, di riferimento, ecc.).

J. V.

Traduzione: G. GRANDI - BOLOGNA

BIBLIOGRAFIA

GROTE, L. R., *Ueber den Normbegriff im ärztlichen Denken*, Zschr. Konstitutionslehre, 8: 361, 1922.

GÜNTHER, D., *Die Variabilität der Organismen und ihre Normgrenzen*, Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1935.

HAUSMAN, D. R., *What is Natural?*, Persp. Biol. Med., 19: 92, 1975.

HILDEBRANDT, K., *Norm und Entartung des Menschen*, Sibyllen-Verlag, Dresden, 1920.

LANDGREBE, L., *Philosophie der Gegenwart*, Athenäum-Verlag, Gerhard von Reutern K. G., Bonn, 1952.

LÁT, J., *Biological Concept of Normality*, in SYRISTOVÁ. E. *et al.* (eds.), *Normality of Personality*, Avicenum, Prague, 1972 (in ceco).

MARTIN, H. F., GUDZINOWICZ, B. J. and FANGER, H., *Normal Values in Clinical Chemistry*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1975.

MCCAMMON, R. W., *The Concept of Normality*, Ann. N. Y. Acad. Sci., 134: 559, 1966.

MEYER, A., *Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis. Beiträge zur Theorie und Geschichte der biologischen Ideologien*, Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1934.

MURPHY, E. A., *One Cause? Many Causes? The Argument from the Bimodal Distribution*, J. Chron. Dis., 17: 301, 1964.

MURPHY, E. A., *A Scientific Viewpoint of Normalcy*, Persp. Biol. Med., 9: 333, 1966.

MURPHY, E. A., *The Normal, and the Perils of the Sylleptic Argument*, Persp. Biol. Med., 15: 566, 1972.

OFFER, D. and SABSHIN, M., *Normality. Theoretical and Clinical Concepts of Mental Health*, Basic Books, Inc. Publishers, New York - London, 1966.

POSPÍSIL, M., *Electrolyte Balance of the Internal Environment as a Factor Conditioning Individual Differences in Metabolic, Cellular and Stress Activities of the Organism*, Agressologie, 15: 169, 1974.

POSPÍSIL, M., *Hormonal Balance and Radiation Resistance of the Mammalian Organism. A Speculative Review*, Agressologie, 18: 73, 1976.

RAUTMANN, H., *Untersuchungen über die Norm, ihre Bedeutung und Bestimmung*, G. Fischer, Jena, 1921.

SARGENT, F. II. and WEINMAN, K. P., *Physiological Individuality*, Ann. N. Y. Acad. Sci., 134: 696, 1966.

VÁCHA, J., *Comments on the System Conception of a Multicellular Organism*, Biologické listy (Praga), 41: 109, 1976a (in ceco; sintesi in inglese).

VÁCHA, J., *Contribution of Radiobiology to the Problem of General Fitness*, Biologické listy (Praga), 41: 1, 1976b (in ceco; sintesi in inglese).

VÁCHA, J., *What Does it Mean: the So-called 'Normal' Concentration of Serum Cholesterol?*, Časopis lékaru ceskych, 116: 243, 1977 (in ceco; sintesi in inglese).

VÁCHA, J., *On the Problem of Frequency Distribution of a Character in a Population of Organisms and of its Interpretation*, Biologické listy (Praga), 1978, in corso di stampa.

WACHHOLDER, K., *Die Variabilität des Lebendigen*, Naturwiss., 39: 177 et 195, 1952.

WEIZSÄCKER, C. F. VON, *Die Einheit der Natur*, Carl Hanser Verlag, München, 1971.

WEYEV, E. M. (ed.), *The Biology of Human Variation*, Ann. N. Y. Acad. Sci., Vol. 134, 1966.

WILLIAMS, R. L., *Biochemical Individuality. The Basis for the Genetotrophic Concept*, J. Wiley, Inc., New York, 1956.

Science and Nationalism

GEORGE MAGYAR
Culham Laboratory - UKAEA Research Group, Abingdon (Oxfordshire)

It is fashionable nowadays to ascribe an ideological character to science[1]. However, ideology is a very general notion, it has many particular manifestations: politics, religion, ethical values, nationalism, etc. It would be fruitful to examine the actual 'ideologisation' of science by these particular forms, rather than deal with the problem in generalities.
In the present essay I have chosen nationalism as an ideological form and its interaction with natural science. (The case of social sciences is a more complex one, hence I cannot treat it here.)
It is strange that while nationalism is one of the chief forces of change in the present world (not to speak of past history), there has been very little written on its influence in science. Except in connection with problems of priority (R. K. Merton). The explanation is, perhaps, that this question is so much part of political science, historiography and mass psychology that it is very difficult to carve out a specifically 'science of science' aspect of it.

DEFINITIONS

Let me define first the basic term, nationalism. Should one say 'chauvinism'?
The *Concise Oxford Dictionary* defines chauvinism as bellicose patriotism, foreign jingoism. I.e. it is an excessive form of nationalism. (Nationalism = patriotic feelings, principles, efforts.) In the English-language literature the word chauvinism is not used frequently. Instead, with typical British understatement, one says nationalism when one means excessive nationalism. For the present essay it means attachment to one's own nationality and a preference for things of one's own nationality, including scientific theories and experimental achievements. Racism I will treat as one extreme form of nationalism.
At this point a disclaimer is necessary: in what follows, I am not concerned with the jingoism of the scientist as a private person, in the same way as I am not interested in his religious or political beliefs. Although there are borderline cases when the private views overflow into scientific work, e.g. the Franco-German animosity during the First World War

(see later in the text). Here I am only concerned with the manifestations of nationalism in science itself. Naturally, these are not born by self-procreation, but are produced by the scientists who absorb nationalistic attachments from their environment; but I wish to ignore the origin and the transfer mechanism of these views and concentrate on their various forms as they appear in scientific activity.

In the latter I am distinguishing the central part, the core of scientific work, i.e. scientific knowledge, and the peripheral activity which is a necessary condition for acquiring knowledge (like journals, laboratories, conferences, etc.) but external to it. For this purpose I use the philosophical categories of content and form. Form in the Kantian sense: law imposed on knowledge by the mind due to its own constitution. Content = substance: the attributes of reality which exist by themselves, which we may discover but cannot alter.

I shall examine separately how nationalism affects the substance and the form of science.

Nationalism is in direct clash with one of the basic norms of science, *universalism*[2]: scientific formulations refer to impersonal, objective conditions, completely independent of the race, nationality, religion, class or other personal qualities of the protagonists. « Ethnocentrism is not compatible with universalism »[3].

The other, related norm of science is its *objectivity:* in contrast with works of art, science is characterized by the tendency to describe nature as it exists in itself, independently from human consciousness, from sensual and conceptual determinations. Hence whatever influence nationalism may exert on science, it is unable to change its substance which has an objective origin although expressed in a subjective (human) form. From these two basic norms it follows that no nationalistic loyalties can alter the validity of a scientific law.

This is then my first working hypothesis which I try to verify in the following part.

I NATIONALISM AND THE SUBSTANCE OF SCIENCE

One can pose the problem in a general fashion: is it possible that nationalism penetrates into science to such an extent that it actually distorts its contentwise? Of course, *in abstracto*, there is nothing against it. One could imagine a mixture of universal and 'national' laws of nature. Historical evidence, however, points in a different direction.

Destructive Nationalism

Take the case of the nazis. They wanted simply to eliminate certain parts of physics, like the theory of relativity, because it was the creation of a Jewish physicist. Johann Stark, the Nobel-laureate, castigated

Heisenberg, Planck, Schrödinger, von Laue for « accepting the Jewish physics of Einstein ». That this was really an outgrowth of German nationalism, was shown by the existence of the Einstein-complex even before Hitler's arrival to power: when Einstein went to France to give a lecture at the Sorbonne for the first time after the First World War, he remarked: « If my theory of relativity is proven successful, Germany will claim me as a German and France will declare that I am a citizen of the world. Should my theory prove untrue, France will say that I am a German and Germany will declare that I am a Jew »[4].

This was just one manifestation of the nationalist hysteria in science which reached its peak during the First World War and was especially acrimonious between French and German scientists. One ill-famed representative of this shameful chapter was the four-volume work by P. Lenard[5], Nobel-laureate in physics, where he tried to prove that European science was produced by the « German spirit ». Similar views were expressed in his history of science[6].

On the French side P. Duhem[7] claimed that this German spirit stifled the « spirit of finesse » in science. In the collection[8] Ehrlich and Weissmann were accused of committing tipically « German frauds ».

An analogous personal attack we find in Stalinist Russia, where, under the pretext of fight against cosmopolitanism, they wanted to eliminate Mendel, Morgan and Weissmann, together with the theories they represented, from biology. This belongs to the history of the well-known episode of Lysenkoism. The disavowing of Mendel and Co. gave rise, to a limited extent, to a distinctly national science in biology. Most works on the Lysenko affair[9,10], do not even mention Russian nationalism as one of the possible causes of Stalinist support of Lysenko and Michurin against Western science. The exception is the essay by R. Lewontin and R. Levins[11] who state that « it represented a new, typically socialist form of xenophobia ».

But these are examples of 'simple negativity', i.e. of a chirurgical amputation: a most radical nationalist attack against science produced nothing more than an effort to suppress the knowledge of certain existing laws or theories—it has not produced any new ones. At most, in Lysenko's case, it promoted, in a new dress, some old Lamarckian views, long discarded by the progress of science. Simple elimination does not render the laws of science invalid. Even in the hypothetical case of a world-wide victory of a nationalist regime, the interrelatedness and organic unity of science is such that the 'eliminated' law would, sooner or later, find its way back under another name or disguise. Einstein's law, $E = mc^2$, was used in Hitler's Germany, without a name being attached to it. Alternatively, as a consequence of such 'deletion', that branch of science would suffer a temporary decline until the regime changed or perhaps the powers realised that the need for the science in question is more imperative than the ideological *'raison d'état'*, and took steps to restore it openly or under some suitable euphemism. (*Cf.* the neglect and restoration of mo-

lecular biology or of cybernetics in the USSR. This is the standard example of bad ideological influence, but it had some nationalistic aspects as well.)

This is not the kind of 'ideological distortion' of science I declared possible *in abstracto.*

More convincing would be to find instances of nationalism influencing science in a way that leads to its modification. Can one speak of English science as distinct from German or French science?

National Styles in Science?

Bertrand Russell noted ironically[12]: the animals used in psychological research « have all displayed the national characteristics of the observer. Animals studied by Americans rush about frantically, with an incredible display of hustle and pep, and at last achieve the desired result by chance. Animals observed by Germans sit still and think, and at last evolve the solution out of their inner consciousness ».

This is, of course, poking fun at psychology, but is there any real basis for Russell's observations: are there not some national differences in the choice of problems, styles of thought, etc.?

The laws of science are independent of national characteristics, but particular branches of science did develop on a certain national background. The beginnings of modern science coincided with the formation of strong, unified national states; both were necessary conditions for the emergence of the new, capitalistic society[13] (inventions for industry, elimination of feudal barriers for a national market). But this coincidence is not necessarily a causal link. I am looking for stronger nationalistic determinations. Like the following, perhaps: it was no accident that the theory of evolution in biology was founded by an Englishman. At the time the British were the explorers of the world *par excellence,* as a precondition for building their empire. Darwin travalled extensively and could compare a great many varieties of living forms. Also, in Britain there was a strong tradition of empiricist philosophy and, although darwinism represented a revolution in biology, it remained on strict empiricist grounds. On the other hand, it is perhaps significant that the more abstract, conceptual revolution, represented by quantum mechanics, was initiated in the German cultural environment (Schrödinger, Heisenberg, etc.) with its highly abstract philosophical traditions (Hegel, Kant, Schopenhauer, Nietzsche, etc.).

Taking this type of approach to the extreme, Max Scheler claimed[14] that the conception of working hypothesis was characteristically English: something pragmatically aiding the progress of science but not as truth. This sounds provocatively interesting, but how true is it? Working hypothesis nowadays is such an accepted device in the arsenal of international science that nobody would believe there is something specifically English about it.

Thus, judgements like Scheler's could themselves be signs of nationalistic prejudice.

Perhaps the best known of such easy generalisations is that of Duhem's. In his encyclopaedic work[15], while discussing the history of physics, he builds many constructions around the antinomial nature of English and French science. An example: « Chez toutes les nations, on trouve des hommes qui ont l'esprit ample, mais il est un peuple où l'amplitude d'esprit est à l'état endémique: c'est le peuple anglais . . . une extraordinaire facilité à imaginer des ensembles trés compliqués de faits concrets, une extrème difficulté à concevoir des notions abstraits et à formuler des principes généraux ». The French represent the exact opposite.

Much of this seems plausible, but could one test it somehow? Selecting a certain period from the history of science, isolating there a few great names, one could probably marshal the supporting facts. This how, presumably, Duhem arrived at his thesis. Contrary to these and similar subjective impressions, one could devise a statistical test: if there are national differences such that, for example, France has very strong rationalist traditions (Descartes, Voltaire) and Britain empiricist ones (Hume, Locke), then the proportion of theoretical to experimental papers in physics in these two countries should be different from the average.

National 'Spirit' in Science Is Not Detectable

I carried out such a test, utilizing the method of typology of research in science abstracts[16]. I took two random numbers of *Physics Abstracts* (16 March 1972, Abstr. 14057-17143 and 26 October 1972, Abstr. 69519-73251). I selected all the papers which were published by British and French authors (excluding only a few cases where affiliation was not explicitly stated). I classified separately the theoretical and experimental abstracts. The hypothesis to be tested was that if there are differences in research due to national 'spirit' , the proportion of experimental papers by British authors should exceed significantly that by French physicists. The results are shown in Table I.

Table I

Proportion of Theoretical and Experimental Papers in British and French Physics

Nationality of authors	Theoretical (%)	Experimental (%)	Total
British	195 (43 %)	256 (57 %)	451
French	96 (36 %)	169 (64 %)	265
Total	291 (40.5 %)	425 (59.5 %)	716

As is evident, contrary to the hypothesis, the British physicists produce proportionately more theoretical papers than their French colleagues. Thus the type of research is not much influenced by national intellectual tra-

ditions. Hence the nationalistic claims about the German, French etc. 'spirit' in science are not justified. If there is a difference, it must be explained by other factors (financing, etc.). For the scientifically 'rich' nations the most important determinant is simply the actually prevailing climate of international research: sixty years ago theoretical papers represented 20% of the total[16]. Nationalistic influence could enter only indirectly; for instance, more financial support being justified by national prestige. This would be again evidence for the externality of ideology with respect to the substance of science.

All this, then, amounts to saying that scientific laws, experiments in themselves cannot be ideological, because they represent reality, independent of human agents, and they have their objective logic of development. Professor E. Gley[17] emphasises: « Il ne peut y avoir une verité allemande, anglaise, italienne ou japonaise pas plus qu'une française. Et parler de science allemande, anglaise ou française, c'est énoncer une proposition contradictoire à l'idée même de science ». What has been demonstrated up till now is that the content of science is independent of any nationalistic influence, the same way as it is independent of the political views or moral character of the scientist who formulated it. In the introduction this was just stated as a hypothesis, logically following from the basic norms of science.

II NATIONALISM AND THE FORM OF SCIENCE

Nationalism can alter only the form science takes – form in a very general sense. This is then my second working hypothesis which I try to demonstrate below.

Mendeleev put it this way: « Science which wishes to study the infinite, itself is infinite and, although international, in reality it takes on a national character inevitably »[11].

List of Nationalistic Forms

The 'nationalistic form' can manifest itself in many ways. Here is a partial list, details of which I will treat in the rest of the essay: national idiosyncrasies influencing style and presentation, conditioning effects of national institutions, (financing, government co-ordination, laboratories, journals, etc.). Demonstrations of national supremacy as reflection of economic power; priority claims generally, compensations for national 'inferiority complex'. These influence, on the whole, the 'time' aspect (history) of science by hastening or retarding the appearance of certain discoveries, theories, etc., the rate of its development.

There are also manifestations of form in a restricted sense: peculiarities of national language, discrimination in citation habits, nationalistic distortions in the transmission of scientific knowledge, or of the history of

science, prejudice in the organisation of science (selection of managers, naming of institutes, difficulties of supranational research organisations, etc.).
I shall discuss the nationalistic forms in science under two large headings: *a*) in scientific knowledge and *b*) in scientific organisations.

Exception: Geographically Limited Science

First of all, one has to deal with a seeming exception: there are disciplines and branches which apparently have their subject matter localized within national boundaries, like geography, geology, meteorology, parts of zoology and botany, medicine, anthropology, etc. As a consequence, they have the unique distinction that an exact replication of instrumentation and method, which in general is not regarded as research, does not count as unnecessary duplication; on the contrary, it represents the main interest – the intercomparison of data between various, spatially separated entities. It just happens that this 'spatial resolution' is most conveniently carried out in national units. This is not of organic necessity: it could be done on a larger or smaller scale as well (e.g. the weather in Western Europe, the flora and fauna of the Thames-valley, etc.). Consequently, even here nationalism is not directly influencing the content of science. It is a convenience of organisation, i.e. 'form'.

a) NATIONALISTIC FORMS IN SCIENTIFIC KNOWLEDGE

National Priorities

The importance of priority for the individual scientist and for the *ethos* of science has been treated before; I do not wish to go into details.
Priority disputes among nations then could be just an extrapolation of the same problematics. However, if the sole motive behind priority claims is individual award, then it should make no difference whether it is between individuals of the same nation or of different ones. And in fact, Merton obtained the statistical result that « Ethnocentrism notwithstanding, if the independent discoverers are from different nations, there is slightly *less*, rather than more, probability of a conflict over priority »[19]. In old times this could have been due to lack of communications (ignorance of other people's results), rather than lack of nationalism. However, we know that in some cases, like in Stalinist Russia, the issue took a pathological character. So much so that the whole phenomenon of excessive priority consciousness could be called 'popovism' (after Popov, the Russian Marconi).
It is then an example how nationalism exploits an intrinsic 'form' of science. It is not specific to Russia, of course. For instance, we find in a letter from Wallis to Oldenburg about the transfusion of blood between animals: « Onely I could wish that those of our own Nation were a little

more forward than I find them generally to bee (especially the most considerable) in timely publishing their own Discoveries, and not let strangers reape ye glory, of what those amongst ourselves are ye Authors»[20]. This probably reflected the rivalry between the emerging British Empire and the rest. It was possibly a dim realisation that scientific supremacy was necessary to supplement the economic and military one. This idea came to full blossoming after the Second World War when, for a while at least, it was believed that economic power rested on scientific brilliance.

Compensation For Inferiority Complex

For those nations who joined late this competition, or whose scientific performance does not match their economic one, nationalistic priority claims express a sort of compensation for an inferiority complex.
How could one test this hypothesis? It is now recognised that scientific performance cannot be judged on the basis of industrial prowess, since the two are not directly connected. The quantity of scientific papers produced is a poor index for excellence, too. The number of scientific discoveries, breakthroughs would be better. A more or less reliable gauge of this is the number of Nobel-prizes won by the nation. According to a latest count[21], since its creation, the Nobel-prize was awarded to ninety-five American, fifty-four British, fifty-one German, twenty French and nine Soviet scientists. Even if this is not quite accurate, it faithfully reflects the image of scientific pecking order in the public mind. If my interpretation holds, the reverse should be found among these five nations for excessive national priority claims. One way of finding a quantitative, contemporary measure of the latter is to count and compare citations of co-nationals and foreigners in scientific papers.

For a statistical test I chose a random sample of ten papers each by American, British, German, French and Soviet authors, with a total of 506 quotations, in a particular field of physics, lasers, which is well developed in all these countries and does not require great multinational laboratories for its cultivation (such 'big science' would rather confuse the issue for the present case). I counted the nationality of authors quoted in these groups of papers, excluding self-quotation. Then I calculated the average citation of a nationality by the other four nations. (In these averages one nation was always left out, so in brackets I normalized the figures, in order that the total would give 100%. Call it $= N$.) I compared with this the number of citations of co-nationals which I call the 'self-esteem' of each nation, $(= S)$. The excess of the latter over the former is a measure of nationalism in quotation habits $\left(= \frac{S - N}{N} \times 100 \right)$. (See Table II.)

The trend of 'self-esteem' is very characteristic, although the actual

Table II

Nationalism in Quotation Habits

Nationality of authors of the papers	Percentage of quoted authors of a certain nationality per paper							Average number of cit. paper
	American	British	German	French	Soviet	Others	Total	
American	$S = 79.85$	5.75	3.60	0	2.88	7.92	100	13.9
British	64.55	$S = 24.55$	2.73	2.73	2.73	2.73	100	11.0
German	57.20	14.30	$S = 16.05$	4.45	2.66	5.32	100	11.2
French	48.70	9.45	2.70	$S = 32.40$	1.35	5.40	100	7.4
Soviet	46.50	1.41	4.23	1.41	$S = 43.63$	2.82	100	7.1
Average quotation percentage by non co-national scientists (= N)	54.24 (72.0)	7.73 (10.24)	3.31 (4.41)	2.14 (2.83)	2.40 (3.18)	5.54 (7.35)	75.36 (100.0)	
Excess self-esteem over average of others, % $\left[= \frac{S - N}{N} \times 100 \right]$	9.2	140	264	1047	1272			

figures are slightly distorted due to a mathematical property: those who have large esteem by others, cannot exceed it very much, while those with small percentages can over-esteem themselves several times. (Although there are large differences among the small percentages which shows that there is some substance beyond mathematics.)

The order is exactly the reverse of the Nobel-prize classification. Hence my initial hypothesis seems plausible. There is an independent piece of evidence, based on citation count in chemistry. In 1962 American scientists produced approximately one quarter of papers and patents listed in *Chemical Abstracts*. In the major chemistry journals of the British Commonwealth reference to 'domestic' papers totalled 1.048, while references to papers produced by American scientists totalled 1.175. References to all other foreign papers totalled 955. In the Soviet chemistry literature domestic references exceeded those from the US, 583 to 324[22].

Here again the Soviets overestimated themselves *vis-à-vis* the Americans more than the British. The more recognised the nationality itself, the more generous it becomes towards Americans and the less distorted is its self-esteem. Also, judging from the average number of citations, they feel the need for more quotations generally. One must say, too, that the Americans' high self-esteem is justified in general; I made a list of the 54 most important experimental advances in the laser field between 1960 and 1975: 78% of these was accomplished in US laboratories, which coincides with their self-evaluation in Table II.

The neglect of the Russians (and, to a lesser extent, of the French and

Germans) cannot be explained by linguistic factors, because I took only English-language papers. Practically all the Russian physics journals are translated into English. Nearly all significant French and German work is published in English.

Nationalism in Scientific Popularization

Citational nationalism permeates not only research proper but scientific popularization and education as well. I tried to corroborate this assumption.

First I took randomly some popularizing books[23-26], one per nation, written by scientists and measured the nationalistic bias in them the same way as for the research papers.

I listed the scientists mentioned in these books according to their nationality (multiple citation of the same name counted as one). The results are shown in Table III.

Table III

National Bias in Popular Science Books

Nationality of the author	Percentage of quoted scientists of a certain nationality					Total no. of references
	Anglo-american	German	French	Russian	Others	
British	$S = 59.5$	22.8	8.6	0	10.1	79 (100 %)
German	29.5	$S = 41.0$	9.9	2.8	16.9	71 (100 %)
French	27.0	17.3	$S = 36.5$	0.96	18.3	104 (100 %)
Russian	31.6	17.5	8.8	$S = 29.8$	12.3	57 (100 %)
Average quotation percentage by non-co-national authors (= N)	29.4 (40.24)	19.2 (26.22)	8.8 (12.16)	1.25 (1.70)	14.4 (19.68)	73 (100)
Excess of self-esteem over the average of the others, % $\left[\frac{S-N}{N} \times 100\right]$	47.8	56.4	200	1650		

We see the same trend as before, so presumably we have a general rule manifesting itself here.

It is interesting to note that the nationalistic bias operates only one way, towards oneself: the average quotation of others is well correlated with a historian's judgements. This is evidenced by comparing these data with the citation frequency of nationalities in a book about the history of science[27]. It is true that the Britishness of the author could also introduce some bias, but as a first approximation one could assume that a general history of science would try to give a balanced account. The results of this comparison are shown in Table IV.

Table IV

Objective weight of quoted scientists of various nationalities

Source	Percentage of quoted scientists of a certain nationality					Total
	British	German	French	Russian	Others	
Average judgement by non co-nationals (from Table III)	40.2	26.2	12.2	1.7	19.7	100.0
Historian of science (Ch. Singer)	35.8	26.1	18.9	1.7	17.5	100.0

Apparently, there is a reasonable agreement, excepting the French. It could be that their 20th century performance declined in comparison with the 19th, or that they are stronger in sciences other than physics. (Singer's book treats all the natural sciences but only up to the 19th century, while the popularizing books were all written by physicists and include 20th century science as well. For the same reason I left out here US science.) In any case, the contrast between nationalistic 'self-esteem' and balanced judgement could not be clearer.

Nationalism in the History of Science

It is well known how the history of individual discoveries can become distorted due to nationalism. Examples are too familiar to treat them here. Students learn very little history of their subject, anyway. Let us take, however, a recent history like that of lasers. Their two popular expositions were compared 28, 29.

Schawlow:	Sobolev:
The principle of maser (induced emission in the microwave region) discovered by Townes (US) and completed in 1954 by Gordon, Zeiger and Townes (US).	Fabrikant with Butayeva and Budinskii (USSR) carried out the first experiments towards the maser. Then, in 1952, Basov and Prokhorov (USSR), Townes, Gordon and Zeiger (US), Weber (Canada) independently proposed the maser.
Later Bloemberger (US) proposed a practical way to build the maser which was successfully carried out by Feher, Scovil and Seidel (US) at Bell Lab.	In 1955 Basov and Prokhorov (USSR) proposed a 3-level system for population inversion.
The laser principle was worked out by Schawlow and Townes (US) in 1958.	The principle of stimulated emission was extended to the optical region by Basov, Vul, Popov and Prokhorov (USSR) and by Schawlow and Townes (US) in 1958.
The first successful laser was built by Maiman (US) in 1960.	Based on these Maiman (US) created the first working laser in 1960.

This little sample demonstrates several things: 1) If a recent history which is well documented, the actors of which are still around, working, etc., can be so much misrepresented, what can we expect of the disputes over earlier priority claims. 2) The discovery of a clear, sharp, novel experimental fact (like X-rays, α-particles, laser) is less amenable to 'reinterpretation' than theoretical predictions or 'classified' experiments. 3) The lack of objectivity in priority claims is not restricted to Soviet accounts. 4) Reading such a review without knowing the author, one could immediately guess if it is of Western or Soviet origin. Call this 'block chauvinism'. 5) These outlines were intended for the non-specialist scientist. This reinforces the bias they learned as students in their own fields.

Nationalism in Science Education

To illustrate the contribution of school textbooks (nationalistic indoctrination cannot start early enough), as a random example, I took a physics textbook for Italian technical colleges[30]. The authors discuss the three fundamental laws of mechanics without mentioning Newton's name; only those of Leonardo and Galilei. This could handicap the grasp of the great leap forward represented by the differential calculus of Newton: the introduction of movement, of dynamics into the theory. Although the authors treat a number of foreign discoverers, they give an overdue weight to the most minute Italian contribution.

This is exemplified by their assertion that the apparent precession of the plane of oscillation of a pendulum was discovered by Vincenzo Viviani in 1680, but remained unknown and two centuries later was demonstrated by Foucault. There are four more similar priority claims: Gian Alfonso Borelli (1670) versus Jurin (1718) — law of capillarity; Claudio Berignardi (1643) versus Pascal (1648) — pressure variation of atmosphere; Alessandro Volta (1792) versus Gay-Lussac (1802) — gas expansion; Alessandro Volta (1795) versus Dalton (1801) — partial gas pressure.

At the same time this illustrates, if need be, that the nations which I lumped together as 'others' in the statistical analysis, are not exempt from the 'compensation for inferiority complex' rule.

Another frequently applied device is what one could call the 'nationalistic minimum': no forced claim to priority of a compatriot, but simply the demonstration of the maxim 'although not firsts, we were there, too'. For example, an advanced textbook for Soviet universities[31] describes Millikan's famous oil-drop experiment (1910-16) and then mentions that A. F. Ioffe *also* used similar method in 1912. Or discussing Wien's law of displacement, it says that this relationship « in the same year 1893 was obtained independently by B. B. Golitsin »[32]. And so on, at every major physics discovery.

Nationalism in Names and Language

Disagreements about eponymy after the inventor/discoverer still belong to the priority complex. There is also the ultra-rapid 'baptising', when a nation's momentary primacy is quickly exploited. A typical example is the Russians' rush to establish a national Pantheon in naming all the features on the other side of the Moon when their space probe took the first photograph.

An illustration of the influence of 'language nationalism' is the naming of the device 'laser'. As is well known, it is an abbreviation of *l*ight *a*mplification with *s*timulated *e*mission of *r*adiation and is internationally accepted, including most East European countries. However, in the Soviet Union it is still called OKG (*o*ptical *q*uantum *g*enerator) in Russian-language scientific publications, presumably to stress that lasers were a Soviet invention as well.

A Western example: Roentgen-strahle have been called X-rays in English- and French-speaking countries, not because any one disputes Roentgen's authorship, but presumably as an expression of anti German feeling in the period of two world wars.

b) NATIONALISM IN SCIENTIFIC ORGANIZATIONS

The other main form of manifestations of nationalism is in the scientific organizations.

Naming of Institutions

One such form — to stay within the eponymy complex — may be observed in the naming of scientific institutions. In some countries this device is used, as a rule, for political and national prestige purposes.

An intriguing case in point is that of the new Franco-German Institute in Grenoble. In order to avoid the delicate problem of a single name, the Institute was named Langevin-Laue. Now that Britain joined as well, presumably a famous British physicist has to be found whose name begins with L.

In the Soviet Union, they use exclusively the names of their own physicists even if not of the very first rank (Lebedev, Ioffe, Kurchatov), rather than any foreign ones. This is the more curious, because the official ideology is supposed to be internationalism. When short of scientists, they prefer to borrow names of politicians (Lenin, Sverdlov, Zhdanov, etc.).

National versus International Bodies

Various international organizations of scientists exist for some time now as embodiments of the supranational character of science. Although their power and influence is not very great, one can observe the subtle national

horse-trading in the distribution of functionaries, of financial benefits, etc., so typical for other fields like politics, commerce. The most striking example of this has been the two year long tug-of-war over the site to be chosen for the Joint European Torus, the next big machine for common fusion research.

After the Second World War, for the first time, supranational laboratories were created as distinct from a simple organizational framework for international conferences, publications, etc. Here scientists of various nationalities work side by side. More often in Europe, where small and medium size industrial nations feel the need to keep up with the superpowers. Still, it is perhaps significant that where both types can be found, the national ones can boast much greater success (in terms of publications or 'firsts') than the communal ones. In many fields one may observe that European nations maintain expensive national institutes, for prestige reasons, rather than support a common European one. The only happy exception is CERN, the common nuclear research centre in Geneva. Presumably because nuclear physics *is* too expensive and is too far away from any possible commercial exploitation. Organizationally, because the members of the Council do not represent their governments, they do not have to bring 'home' advantages.

Discrimination against Immigrant Scientists

The jockeying for positions in international bodies has its equivalent in national research. Nationalism here can take the form of discrimination against immigrant scientists.
For some quantitative comparisons I took a random sample of 200 names of scientists, born after 1900, from[33]. I assumed that anybody who is mentioned there is, by definition, an eminent scientist. I divided them into two groups: natives (i.e. scientists who stayed in their own countries) and immigrants. Within each group I established two categories: 1) Those who are devoted only to research and teaching; I postulated that these are names in whose entries appears only the rank of 'professor of . . .' and 'member of ... learned society'. 2) In the other subgroup I counted those who have other terms in their curriculum, like 'director', 'chairman', 'president', 'editor', 'chief', etc. I assumed that these are indications of managerial tasks.

Now the working hypothesis to test was that among immigrants there should be proportionately less of this second type if there is nationalistic discrimination against scientists of foreign origin. (Table V).
We all know cases where immigrant scientists rose to very high positions; and we also know contrary examples. Among non-immigrant scientists, too, there is a considerable proportion who shun managerial duties. Also, one could find other than xenophobic reasons: imperfect knowledge of

Table V

Exclusion of Immigrant Scientists from Managerial Tasks

Activity	Type of Scientist			
	Native		Immigrant	
	Number	Percentage	Number	Percentage
Only research and teaching	33	20.6	18	45.0
Managerial duties as well	127	79.4	22	55.0
Total	160	100.0	40	100.0

the language by immigrants, lack of contacts, etc. But it is not very likely that these would account for the large difference. From the table it is clear that there is discrimination against the foreigner.

III CONCLUSIONS

The working hypothesis of this essay has been confirmed: the substantial core of science is not influenced by nationalism, only its form. This demonstration was based on the methodological separation of content and form. This in turn is a necessary consequence of 'naïve realism', professed by each working scientist (at least while he stays in his laboratory). « The belief in an external world independent of the perceiving subject is the basis of all science »[34]. This objectivity or 'naïve realism' tends to eliminate any ideological influence on the formulation of scientific facts and laws. Indeed, for someone working actively in research, this appears self-evident: experimentalists or theorists, they come to the same results, whatever their social origins, ideological backgrounds, convictions; in whatever social system is their laboratory situated. There is no bourgeois or proletarian physics, whatever the 'gauchists' may say.

The evidence for the ideological character of contemporary physics[35] is all extraneous (= form) to the substance of science: choice of priorities and directions (= science policy); the possible military or economic benefits (= utilization of science); the use of eminent scientists as experts in other fields (= scientific-industrial-military establishment); hierarchization (= organization of science), etc., — these have no influence on how to detect neutrinos or how to construct the theory of 'black holes', i.e. on content. In this sense the form does not act back on its content. Of course, in other aspects the forms can become very important: they may create the possibility of doing research at all. I cannot enter into this problematics here.

The statistical material was necessarily limited to a few easily quantifiable comparisons. These showed that nationalism appeared as over-estimating

one's importance in cases where scientific performance did not match aspirations. Of course, this could be inverted: nationalism appears on the other side in underestimating the late developers. The Nobel-prize test, though, tends to favour the first alternative.
Whatever the case, the crucial question is : national preferences in quotation habits, in popularization, in science education — are they associated with the neglect of important contributions by others, with preferential treatment of co-nationals?

In order to answer this, it is necessary to introduce 'time-separation': the problem as it existed before the atomic age (or, say, 1957, the time of the first Sputnik) and recent times. In the first case, due to bad communications, language barriers, etc., nationalist prejudice could lead to the ignorance of first-rate discoveries. As a well-known example, the case of Mendelian genetics can be quoted: because it was published in an obscure journal, by an unknown Bohemian monk, it lay dormant for 34 years, until its eventual rediscovery in 1900. Many similar episodes could be quoted. However, one must evoke here the problem of premature arrival: if a discovery does not fit into the organic development of research, it gets shunned, even if it is by a co-national. On the other hand, a timely discovery will be made by several workers or groups simultaneously, because it is 'ripe'. Hence nationalistic neglect of a non-compatriot contribution may cause only a short delay, because it will be necessarily discovered, wherever scientists are working in the same field. Thus the problem boils down to giving recognition to all those who contributed to the idea, who arrived there first. Example: what is called Brilluin scattering in the West, is called Mandelshtam-Brilluin scattering in the East, because the Russians are insisting that Mandelshtam made the discovery independently, at the same time and only poor communications in the pre-war period prevented its due recognition. The effect was used, East or West, e.g. to measure critical points in liquids, by whatever name people prefer to call it.
In recent times, with the general acceptance of English as the *'lingua franca'* of natural sciences, with improved communications (conferences, visits, computerized information storage and retrieval, etc.), real contributions become instantly known. Ignorance of a work comes more because of the overflow of information than as a consequence of nationalistic prejudice.
Hence nationalistic neglect cannot hinder very much the progress of science. In the example of the 78 most important advances in the laser field, as far as I know, there is not a single case where the significance was reduced or its application delayed because the authors were foreigners. In less important cases there may be delay or neglect. In a bibliometric study[36] of a scientific subfield, 'dye-lasers', where the Soviet contribution was not very significant, I made the following observation: there were hardly any outsiders who quoted Russian work, some of it was never translated (which is unusual for physics), the translations appeared late

with a deteriorating priority value. Some less important 'firsts' passed unnoticed and as a complementary, when it was them, who were late, this was not acknowledged by giving proper references. Similar problems, albeit to a lesser degree, are found in a US versus Europe context. For instance, a German group published a short note pointing out that an American claim to the highest average power dye laser neglected two published European results, both superior to theirs.

Excessive nationalism might help to advance, if not science generally, at least science in particular circumstances. I am thinking of the example of retarded development in Russia or even more in China and the Third World. Perhaps a heightened national consciousness helps to overcome the feeling of demoralization *vis-à-vis* the scientifically more advanced nations. But even here I am not sure whether a feeling of humility could not equally support a rapid, forced march to bridge the gap of scientific underdevelopment. Just to mention the example of Japan: 75-50 years ago, young Japanese flooded the European universities with the frank aim to learn just everything they can from our science. Looking at their achievements today, this humble attitude did not hinder their progress in catching up scientifically and technologically.

It is fairly obvious, however, that among the industrially advanced nations nationalism has no progressive role to play in science. From the examples I quoted it is clear that it might lead to the neglect of other people's work, hence to unneccessary repetition or complicated ways of doing research, to overvaluing compatriots' work against that of foreigners, to not utilizing the best available talent in science management. Because nationalism concerns the forms, the framework of science and not its contents, its effect cannot be very serious, one way or the other.

G. M.

REFERENCES

1 H. ROSE and S. ROSE (eds.), *Ideology offin the Natural Sciences*, Macmillan, London, 1976.

2 R. K. MERTON, *The Sociology of Science*, The University of Chicago Press, Chicago, 1973, pp. 267-278.

3 *Ibid.*, p. 271.

4 Related by P. LANGEVIN, *La pensée et l'action*, Editions Sociales, Paris, 1964, p. 268.

5 P. LENARD, *Deutsche Physik*, J. F. Lehmann, München-Berlin, 1943.

6 P. LENARD, *Grosse Naturforscher*, J. F. Lehmann, München, 1937.

7 P. DUHEM, *La science allemande*, Hermann, Paris, 1915.

8 G. PETTIT and M. LEUDET (eds.), *Les allemands et la science*, Paris, 1916.

9 Z. MEDVEDEV, *Ascesa e caduta di Lysenko*, Mondadori, Milano, 1973.

10 D. LECOURT, *Lyssenko, Histoire réelle d'une 'science prolétarienne'*, Maspéro, Paris, 1976.

11 R. LEWONTIN and R. LEVINS, *The Problem of Lysenkoism*, in ref. 1, Vol. I., p. 53.

12 B. RUSSELL, *Philosophy*, W. W. Norton & Co., New York, 1927, pp. 29-30.

13 See e.g. M. SCHELER, *Die Wissensformen und die Gesellschaft*, Neue-Geist Verlag, Leipzig, 1926, pp. 25, 56, 482-484.

14 M. SCHELER, *Genius des Krieges*, Verlag der Weissenbuecher, Leipzig, quoted by R. K. MERTON, ref. 2, p. 38.

15 P. DUHEM, *La théorie physique, son objet et sa structure*, Marcel Rivière & Cie, Paris, 1914, pp. 90-91.

16 G. MAGYAR, *Social Studies of Science*, 5, 1975, pp. 79-85.

17 In ref. 7, p. 181.

18 Quoted in G. N. DOBROV, *Nauka o nauke*, Naukova dumka, Kiev, 1970, p. 12.

19 Ref. 2, p. 365.

20 H. OLDENBURG, *Correspondence of Henry Oldenburg*, ed. and transl. A. Rupert Hall and Marie Boas Hall, 6 Vols., University of Winsconsin Press, Madison, 1965-1969, Vol. 3., p. 373, quoted in ref. 2, p. 184.

21 *Le Monde*, 20 October, 1976.

22 *Chemistry: Opportunities and Needs*, National Academy of Sciences - National Research Council, Washington-Ottawa, 1965, p. 32.

23 G. THOMSON, *The Inspiration of Science*, O.U.P., London, 1961.

24 V. KOURGANOFF, *La recherche scientifique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967.

25 W. HEISENBERG, *Physics and Philosophy*, University of Chicago Press, Chicago, 1958.

26 A. KITAIGORODSKIJ, *Fizika - moja professija*, Molodaja Gvardija, Moskva, 1965.

27 CH. SINGER, *A Short History of Scientific Ideas to 1900*, O.U.P., London, 1959.

28 A. SCHAWLOW, *The Optical Maser*, reprint from the *Scientific American*, 1965.

29 N. SOBOLEV, *Lazeri i ich buduscee*, Atomizdat, Moskva, 1968.

30 Q. BELLINI e V. RONCHI, *L'evoluzione della fisica*, Giunti, Roma, 1962.

31 V. N. KONDRATEV, *Struktura atomov i molekul*, Akademizdat, Moskva, 1959.

32 *Ibid.*, p. 32.

33 *Who is Who*, in *World Science*, 1968.

34 A. EINSTEIN, *Ideas and Opinions*, Crown Publishers, New York, 1954, p. 260.

35 J.-M. LEVY-LEBLOND, *Ideology of/in Contemporary Physics*, in ref. 1, Vol. II., pp. 137-175.

36 G. MAGYAR, *Journal of Documentation*, 30, 1974, pp. 32-40.

Scienza e nazionalismo

GEORGE MAGYAR
Culham Laboratory - UKAEA Research Group, Abingdon (Oxfordshire)

Nei nostri giorni è di moda attribuire un carattere ideologico alla scienza[1]. Comunque, il concetto di ideologia è molto generale e si manifesta in molti modi particolari: nella politica, nella religione, nei valori etici, nel nazionalismo, ecc. È più fruttuoso perciò esaminare l'attuale 'ideologizzazione' della scienza ad opera di queste forme particolari di ideologia, piuttosto che trattare il problema in termini generali.

Nel presente saggio ho scelto di occuparmi del nazionalismo in quanto forma ideologica e delle sue interazioni con la scienza naturale. (Il caso delle scienze sociali è più complesso e non posso quindi trattarlo in questa sede.)

È strano che, pur essendo il nazionalismo una delle forze principali del cambiamento nel mondo attuale (per non parlare dei tempi passati), si sia scritto ben poco della sua influenza sulla scienza, tranne che per quanto riguarda problemi di priorità (R. K. Merton). La spiegazione di ciò sta forse nel fatto che questo problema fa parte così intimamente della scienza, della politica, della storiografia e della psicologia di massa, da rendere molto difficile identificare al suo interno uno specifico aspetto di 'scienza della scienza'.

DEFINIZIONI

Cominciamo col definire il termine fondamentale di nazionalismo. Si dovrebbe forse parlare di 'sciovinismo'?

Il *Concise Oxford Dictionary* definisce lo sciovinismo come un nazionalismo bellicoso e animoso verso l'estero, cioè come una forma esasperata di nazionalismo (Nazionalismo = sentimenti, principi e sforzi patriottici). Nella letteratura in lingua inglese l'uso della parola sciovinismo non è frequente. Invece, con tipica attenuazione inglese, si parla di nazionalismo quando ci si vuol riferire ad un nazionalismo esasperato.

A questo punto è necessaria una precisazione: in ciò che segue non mi interesserò dello sciovinismo personale dello scienziato, così come non mi interesserò delle sue convinzioni religiose e politiche, benché vi siano dei casi limite in cui le opinioni personali trapassano nel lavoro scientifico – ad es., nel caso dell'animosità franco-tedesca durante la prima guerra mondiale (vedi più avanti nel testo). In questa sede mi interesserò solo delle manifestazioni del nazionalismo nella scienza in quanto tale. Naturalmente, queste non nascono per autoriproduzione, ma sono dovute agli scienziati che assorbono il clima nazionalistico del loro ambiente; intendo tuttavia ignorare le origini e il meccanismo di trasmissione delle idee nazionalistiche, per concentrarmi sulle varie forme in cui queste ultime appaiono nella attività scientifica.

All'interno di questa distinguerò una parte centrale, il nucleo del lavoro scientifico ovvero la conoscenza scientifica, e un'attività periferica, condizione necessaria per l'acquisizione della conoscenza (riviste, laboratori, congressi, ecc.) ma esterna ad essa. A tal fine userò le categorie filosofiche di contenuto e forma. Forma nel senso kantiano: legge imposta alla mente dalla conoscenza in virtù della sua costituzione. Contenuto = sostanza: gli attributi della realtà che esi-

stono in sé e che noi possiamo scoprire ma non alterare.

Esaminerò separatamente come il nazionalismo influenzi la sostanza e la forma della scienza.

Il nazionalismo si scontra direttamente con uno dei principi fondamentali della scienza, cioè l'*universalità*[2]: le affermazioni scientifiche riguardano condizioni impersonali e oggettive, del tutto indipendenti dalla razza, dalla nazionalità, dalla religione, dalla classe sociale o da altre qualità personali degli scienziati. « L'etnocentrismo è incompatibile con l'universalità »[3].

Un altro principio della scienza, collegato al precedente, è l'*oggettività:* a differenza delle opere d'arte, la scienza è caratterizzata dalla tendenza a descrivere la natura così come esiste, indipendentemente dalla coscienza umana e da determinazioni sensorie e concettuali. Quindi, qualunque sia l'influenza che il nazionalismo può esercitare sulla scienza, non può cambiarne la sostanza, che ha un'origine oggettiva anche se espressa in una forma soggettiva (umana). Dai due precedenti principi fondamentali deriva che nessun lealismo nazionalistico può alterare la validità di una legge scientifica.

Questa è quindi la mia prima ipotesi di lavoro, che cercherò di verificare in quanto segue.

Il problema può porsi in termini generali: è possibile che il nazionalismo penetri nella scienza in misura tale da distorcerne effettivamente il contenuto? Naturalmente, in astratto, non vi è nulla contro questa possibilità. Si potrebbe immaginare un miscuglio di leggi di natura universali e 'nazionali'. L'evidenza storica suggerisce però qualcosa di diverso.

Nazionalismo distruttivo

Si prenda il caso dei nazisti. Essi volevano semplicemente eliminare certe parti della fisica, come la teoria della relatività, perché esse erano state create da un fisico ebreo. Il premio Nobel Johann Stark attaccò Heisenberg, Planck, Schrödinger e von Laue per « avere accettato la fisica ebraica di Einstein ». Che questo attacco fosse un'escrescenza del nazionalismo tedesco è confermato dall'esistenza di un complesso-Einstein ancora prima che Hitler arrivasse al potere: quando Einstein giunse a Parigi per tenere, per la prima volta dopo la prima guerra mondiale, una lezione alla Sorbona, egli osservò: « Se la mia teoria della relatività porterà a dei successi, la Germania mi reclamerà in quanto tedesco e la Francia mi dichiarerà cittadino del mondo. Se la mia teoria si dimostrerà falsa, la Francia dirà che sono un tedesco e la Germania dichiarerà che sono un ebreo »[4].

Questa non era che una manifestazione di quell'isterismo nazionalistico scientifico, che toccò l'apice durante la prima guerra mondiale e fu particolarmente astioso tra scienziati tedeschi e francesi. Un famigerato esempio di questo vergognoso episodio fu l'opera, in quattro volumi, del premio Nobel per la fisica P. Lenard[5], che tentò di dimostrare che la scienza europea era un prodotto dello « spirito tedesco ». Concetti simili furono espressi dall'autore nella sua storia della scienza[6].

Da parte francese, P. Duhem[7] sostenne che questo spirito tedesco soffocava l'*ésprit de finesse* nella scienza. In un'opera collettiva francese[8] Ehrlich e Weissmann furono accusati di perpetrare delle «frodi tipicamente tedesche». Troviamo analoghi attacchi personali nella Russia stalinista dove, con la scusa di combattere contro il cosmopolitismo, si volevano eliminare dalla biologia Mendel, Morgan e Weissmann, insieme alle teorie che essi rappresentavano. L'episodio appartiene alla storia del ben noto caso Lysenko. La sconfessione di Mendel & Co. diede luogo, entro certi limiti, a una scienza biologica distintamente nazionale. La maggior parte dei lavori sul caso Lysenko[9,10] non nominano nemmeno il nazionalismo russo come una delle possibili cause dell'appoggio staliniano a Lysenko e Mičurin, contro la scienza occidentale. Fa eccezione il saggio di R. Lewontin

e R. Levins[11], i quali sostengono che « esso ha rappresentato una nuova forma di xenofobia, tipicamente socialista ».
Ma questi sono esempi di 'semplice negazione', cioè di amputazione chirurgica: gli attacchi più radicali portati dal nazionalismo alla scienza non hanno prodotto niente altro che uno sforzo per sopprimere la conoscenza di certe leggi o teorie esistenti – senza produrne di nuove. Al massimo, nel caso di Lysenko, essi hanno riproposto con nuovi abiti alcune vecchie idee lamarckiane, abbandonate molto tempo prima nel corso del progresso della scienza. Le leggi non si invalidano con la semplice soppressione. Persino nel caso ipotetico di una vittoria mondiale di un regime nazionalistico, l'interconnessione e la unità organica della scienza sono tali che la legge 'eliminata' troverebbe, prima o poi, il modo di rientrare con un altro nome o sotto un diverso camuffamento. La legge di Einstein, $E = mc^2$, fu usata nella Germania di Hitler senza attribuirle alcun nome. Alternativamente, una branca della scienza 'soppressa', soffrirebbe di un declino temporaneo fino a quando non cambi il regime o, forse, fino a quando le potenze non si rendano conto che il bisogno della scienza in questione è più impellente dell'ideologica 'ragione di stato' e non prendano quindi le misure necessarie per rimetterla al proprio posto, apertamente o con la copertura di un qualche opportuno eufemismo. (Cfr. l'abbandono e il recupero della biologia molecolare o della cibernetica in URSS. Questo è un tipico esempio di una cattiva influenza ideologica, in cui tuttavia sono presenti anche alcuni aspetti nazionalistici.)
Questo non è perciò il tipo di 'distorsione ideologica'] della scienza che ho dichiarato impossibile in astratto.
Sarebbe più convincente trovare degli esempi in cui il nazionalismo influenzi la scienza fino al punto di modificarla. Si può parlare di una scienza inglese distinta da una scienza tedesca o francese?

Esistono stili nazionali nella scienza?

Bertrand Russell ha notato ironicamente[12] che gli animali usati nella ricerca psicologica « hanno tutti messo in mostra le caratteristiche nazionali dell'osservatore. Gli animali studiati dagli americani corrono attorno freneticamente, dandosi da fare e dispiegando un'incredibile quantità di energia, e infine raggiungono il risultato desiderato per caso. Gli animali osservati dai tedeschi siedono tranquilli e pensano, e infine desumono la soluzione dalla loro intima coscienza ».
Questo naturalmente è un prendersi gioco della psicologia, ma le osservazioni di Russell non hanno forse una base reale: non vi sono forse delle differenze nazionali nella scelta dei problemi, nei modi di pensare, ecc.?
Gli inizi della scienza moderna hanno coinciso con la formazione di forti stati nazionali unitari; entrambi i fenomeni furono condizioni necessarie per l'emergere della nuova società capitalistica[13] (invenzioni per l'industria, eliminazione di barriere feudali e formazione di mercati nazionali). Ma questa coincidenza non costituisce necessariamente un legame causale. Io sono in cerca di influenze nazionalistiche più specifiche. Come la seguente, ad esempio: non è stato un caso che la teoria dell'evoluzione biologica sia stata fondata da un inglese. In quel periodo gli inglesi erano gli esploratori del mondo per eccellenza, e ciò costituiva un presupposto per la costruzione del loro impero. Darwin viaggiò parecchio e poté porre a confronto tra loro molte varietà di forme viventi. Inoltre, in Inghilterra, esisteva una forte tradizione empirista e il darwinismo, pur essendo rivoluzionario in biologia, rimase su un terreno strettamente empirista. D'altro lato non è forse privo di significato che la rivoluzione concettuale più astratta, rappresentata dalla meccanica quantistica, ebbe inizio nell'ambiente culturale tedesco (Schrödinger, Heisenberg, ecc.) con la sua tradizione filosofica altamente astratta (Hegel, Kant, Schopenhauer, Nietzsche, ecc.).
Spingendo questo tipo di approccio fino alle sue estreme conseguenze, Max Scheler[14] sostenne che il concetto di ipotesi di lavoro era tipicamente inglese: qualcosa di pragmatico che aiutava il progresso della scienza,

ma non in quanto verità. Ciò è provocatorio e interessante, ma quant'è vero? Oggi, le ipotesi di lavoro sono uno strumento così accettato, nell'arsenale della scienza internazionale, che nessuno crederebbe che in esse vi sia qualcosa di specificamente inglese.
Quindi, affermazioni come quella di Scheler potrebbero esse stesse indicare un pregiudizio nazionalistico.
Forse la più famosa di tali facili generalizzazioni è quella di Duhem. In una sua opera enciclopedica[15], trattando della storia della fisica, egli erige molte costruzioni fondate sull'antinomia tra la natura della scienza inglese e quella della scienza francese. Un esempio: « In tutti i paesi vi sono delle persone di ampie vedute: ma vi è un popolo nel quale l'ampiezza di spirito è presente a un livello endemico: è il popolo inglese ... che ha una straordinaria capacità di immaginarsi insiemi molto complessi di fatti concreti e trova estremamente difficile concepire nozioni astratte e formulare principi generali ». I francesi rappresentano esattamente l'opposto.
Molto, in queste osservazioni, sembra plausibile, ma è possibile verificarlo in qualche modo? Scegliendo un certo periodo della storia della scienza e isolando in esso alcuni grandi nomi, si potrebbe probabilmente mettere insieme i fatti che lo provano. Questa, probabilmente, è la via seguita da Duhem per arrivare alla sua tesi. In contrasto con queste e con altre simili impressioni soggettive, si potrebbe escogitare un test statistico: se vi sono differenze nazionali tali per cui, ad esempio, la Francia ha forti tradizioni razionalistiche (Descartes, Voltaire) mentre in Inghilterra sono molto forti le tradizioni empiriste (Hume, Locke), allora le proporzioni tra il numero degli articoli di fisica teorica e quello degli articoli di fisica sperimentale nei due paesi dovrebbero essere diverse dalla proporzione media.

Impossibilità di scoprire lo 'spirito' nazionale

In un mio lavoro[16] ho applicato un tale test, basandomi sull'esame degli estratti scientifici. Ho preso a caso due numeri del *Physics Abstracts* (16/3/1972, Abstr. 14057-17143 e 26/10/1972, Abstr. 69519-73251). Ho scelto tutti gli articoli pubblicati da autori inglesi e francesi (ad eccezione dei pochi casi in cui non era esplicitamente specificata l'appartenenza nazionale). Ho classificato separatamente gli estratti teorici e sperimentali. La ipotesi da verificare era che, se vi sono differenze nella ricerca dovute allo 'spirito' nazionale, la proporzione degli articoli sperimentali degli autori inglesi dovrebbe superare significativamente la proporzione degli stessi scritti dei fisici francesi. I risultati sono mostrati nella Tabella I.
È evidente che, contrariamente all'ipotesi, i fisici inglesi hanno scritto, in proporzione, più articoli teorici dei loro colleghi francesi. Quindi il tipo di ricerca non è molto influenzato dalle tradizioni intellettuali nazionali, e le pretese nazionalistiche all'esistenza di uno 'spirito' tedesco, francese, ecc. nella scienza non sono giustificate. Se c'è una differenza, questa deve essere giustificata da altri fattori (finanziamenti, ecc.). Per le nazioni scientificamente 'ricche' il fattore più importante è semplicemente il clima che, in realtà, caratterizza la ricerca internazionale: sessant'anni fa gli articoli teorici costituivano il 20% del totale[16]. L'influenza nazionalistica si poteva far sentire solo indirettamente; ad esempio, un maggior sostegno finanziario giustificato da considerazioni di prestigio nazionale. Ciò costituirebbe un'altra prova dell'estraneità dell'ideologia alla sostanza della scienza.
Tutto ciò, quindi, equivale a dire che le leggi e gli esperimenti scientifici in quanto tali non possono essere ideologici, poiché essi rappresentano la realtà indipendentemente dalle azioni dell'uomo e hanno un loro oggettivo sviluppo logico. Il professor E. Gley[17] pone l'accento sul fatto che « come non può esistere una verità francese così non può esisterne una tedesca, inglese, italiana o giapponese. E parlare di scienza tedesca, inglese o francese equivale a enunciare una proposizione che contraddice l'idea stessa di scienza ». Finora abbiamo dimostrato che il contenuto della scienza è indipendente da ogni influenza nazionalistica, nello stesso modo

in cui esso è indipendente dalle opinioni politiche o dal carattere morale degli scienziati che lo hanno elaborato. Nell'introduzione ciò è stato formulato come un'ipotesi, derivata logicamente dai principi fondamentali della scienza.

NAZIONALISMO E FORMA DELLA SCIENZA - II

Il nazionalismo può alterare solo la forma assunta dalla scienza – forma in senso molto generale. Questa è dunque la mia seconda ipotesi di lavoro, che ora cercherò di dimostrare.

Mendeleev la enunciò in questi termini: « La scienza che vuole studiare l'infinito, è essa stessa infinita e, benché internazionale, in realtà essa assume inevitabilmente un carattere nazionale »[18].

Elenco di forme nazionalistiche

La 'forma nazionalistica' si può manifestare in molti modi. Eccone un elenco parziale, che verrà analizzato in dettaglio nel resto di questo articolo: idiosincrasie nazionali che influenzano lo stile e la presentazione; effetti dei condizionamenti delle istituzioni nazionali (finanziamento, azione di coordinamento del governo, laboratori, riviste, ecc.); sfoggio della supremazia scientifica nazionale in quanto immagine riflessa della potenza economica; pretese generiche di priorità e compensazioni per il 'complesso d'inferiorità' nazionale. L'insieme di questi fattori influenza i 'tempi' della storia della scienza, affrettando o ritardando la comparsa di certe scoperte, teorie, ecc. e agendo sul suo ritmo di sviluppo.

Vi sono anche esempi di forme che hanno un significato più limitato: peculiarità della lingua nazionale, discriminazioni nelle abitudini di citazione, distorsioni nazionalistiche nella trasmissione della conoscenza scientifica o della storia della scienza e pregiudizi nell'organizzazione della scienza (scelta dei dirigenti, attribuzione dei nomi alle istituzioni scientifiche, difficoltà incontrate dalle organizzazioni internazionali di ricerca, ecc.).

Discuterò le forme nazionalistiche della scienza, raggruppandole in due grandi categorie: *a*) conoscenza scientifica, e *b*) organizzazioni scientifiche.

Eccezione: Scienza limitata geograficamente

Anzitutto si deve prendere in considerazione un'eccezione apparente: vi sono discipline e rami della scienza, come la geografia, la geologia, la meteorologia, parti della zoologia, della botanica, della medicina, dell'antropologia, ecc. che, a prima vista, hanno per oggetto una materia localizzata entro confini nazionali. Di conseguenza, esse hanno una loro specifica caratteristica: vale a dire, un'esatta riproduzione degli strumenti e dei metodi che in genere non è considerata come ricerca, non significa, nel loro caso, un'inutile duplicazione; al contrario, essa è al centro dell'interesse – il confronto di dati tra varie entità separate spazialmente. Ma è solo casuale e non intrinsecamente necessario che risulti più conveniente effettuare questa 'decomposizione spaziale' in unità nazionali. Essa potrebbe essere effettuata anche su una scala maggiore o minore (ad esempio, il clima dell'Europa Occidentale, la flora e la fauna della valle del Tamigi, ecc.). Quindi, anche in questo caso, il nazionalismo non influenza direttamente il contenuto della scienza, ma si risolve in un comodo espediente organizzativo, cioè in una 'forma'.

a) FORME NAZIONALISTICHE NELLA CONOSCENZA SCIENTIFICA

Priorità nazionali

L'importanza della priorità nel caso di singoli scienziati e nell'*ethos* della scienza è già stata esaminata; e io non voglio entrare in dettagli. Le dispute tra nazioni sulla priorità potrebbero rappresentare semplicemente una estensione della stessa problematica. Ma, se l'unico motivo per accampare pretese di priorità fosse l'ottenimento di riconoscimenti individuali, allora dovrebbe essere indifferente che questi siano spartiti tra individui della stessa nazione o tra individui di na-

zioni differenti. E, in effetti, Merton ha ottenuto un risultato statistico secondo cui « nonostante l'etnocentrismo, se i singoli autori di scoperte appartengono a nazioni diverse c'è una probabilità *minore*, piuttosto che una maggiore, che sorga un conflitto di priorità »[19]. Una volta ciò poteva essere dovuto a mancanza di comunicazioni (ignoranza dei risultati ottenuti da altre persone) piuttosto che a mancanza di nazionalismo. Comunque, sappiamo che in qualche caso, come nella Russia stalinista, il problema assunse un carattere patologico, al punto che il fenomeno di una eccessiva consapevolezza della propria priorità venne chiamato 'popovismo' (da Popov, il Marconi russo).

Abbiamo qui un esempio di come il nazionalismo sfrutti una 'forma' intrinseca della scienza. Naturalmente ciò non accade solo in Russia. Leggiamo, ad esempio, in una lettera di Wallis a Oldenburg sulla trasfusione di sangue tra animali: « Vorrei che quelli della nostra Nazione (specialmente i più eminenti) fossero un po' più solleciti di quanto generalmente io li trovi, nel pubblicare per tempo le loro Scoperte, e che non lasciassero che gli stranieri cogliessero la gloria per ciò di cui gli Autori sono tra noi »[20]. Queste parole rispecchiavano probabilmente la rivalità tra il nascente Impero Britannico e il resto del mondo; ed erano, forse, un'espressione dell'indistinta consapevolezza della necessità di completare la supremazia economica e militare con la supremazia scientifica. Questa idea sbocciò nella sua pienezza dopo la seconda guerra mondiale, quando, almeno per un po', si credette che il potere economico si fondasse sullo splendore dei successi scientifici.

Compensazione per il complesso d'inferiorità

Nel caso di quelle nazioni che entrarono tardi nella gara scientifica o i cui successi scientifici non sono stati all'altezza dei loro successi economici, le pretese nazionalistiche di priorità esprimono una sorta di compensazione per un complesso d'inferiorità.

Come è possibile verificare quest'ipotesi? È ormai ammesso che le realizzazioni scientifiche non possono essere valutate in base al loro valore industriale, poiché le prime non sono direttamente connesse al secondo. Anche la produzione di articoli scientifici non è un buon indice di pregi scientifici. Il numero di scoperte scientifiche e di progressi in nuovi campi della scienza potrebbe andare meglio e un suo indice più o meno attendibile è il numero di premi Nobel vinti da una nazione. Secondo l'ultimo calcolo[21], il premio Nobel è stato attribuito, a partire dalla sua istituzione, a 95 scienziati americani, 54 inglesi, 51 tedeschi, 20 francesi e 9 sovietici. Ciò riflette fedelmente anche se non del tutto accuratamente, la graduatoria scientifica dell'opinione pubblica. Se la mia interpretazione è vera, questa graduatoria dovrebbe risultare capovolta nei cinque paesi in questione a causa di eccessive pretese nazionalistiche di priorità. Un modo di misurare quantitativamente queste pretese è di contare e confrontare le citazioni di connazionali e di stranieri negli articoli scientifici.

Ho costruito un test statistico scegliendo a caso 5 gruppi di 10 articoli di autori americani, inglesi, tedeschi, francesi e sovietici (per un totale di 506 citazioni), in un campo particolare della fisica, quello dei *laser*, che è ben sviluppato in tutti questi paesi e non richiede grandi laboratori multinazionali (nel nostro caso una tale 'grande scienza' complicherebbe probabilmente il problema). Ho calcolato le percentuali delle citazioni di autori di ciascuna nazione (escludendo le autocitazioni) in ciascun gruppo di articoli. Ho calcolato poi le medie delle percentuali delle citazioni di autori di una nazione da parte degli autori delle altre quattro nazioni. (Poiché, nel calcolo di queste medie, si esclude sempre una nazione, ho normalizzato i risultati in modo che la loro somma desse sempre 100. Il dato normalizzato è indicato con N.) Ho confrontato questo dato con la percentuale delle citazioni dei connazionali, che ho chiamato 'autostima' di una nazione ($= S$). L'eccesso di quest'ultima sul dato precedente è un indice del nazionalismo nelle abitudini di citazione ($= \frac{S - N}{N} \times 100$). (Vedi Tabella II.)

La tendenza dell''autostima' è molto evidente, benché i dati effettivi siano leggermente distorti per una proprietà matematica del modo con cui sono stati calcolati: le nazioni che ricevono dalle altre alte stime non possono superarle di molto, mentre quelle che ricevono basse stime possono superarle di molte volte. Tuttavia, le differenze tra queste ultime sono molto grandi, il che dimostra che nei risultati, al di là della matematica, vi è una certa sostanza.
La graduatoria delle autostime coincide esattamente con l'opposto della classificazione in base ai premi Nobel. Quindi la mia ipotesi iniziale appare plausibile. Essa trova anche una conferma indipendente in un computo delle citazioni in chimica. Nel 1962 gli scienziati americani fornirono circa un quarto degli articoli e delle patenti elencate nei *Chemical Abstracts*. Nelle principali riviste di chimica del Commonwealth Britannico i riferimenti agli articoli 'nazionali' assommavano a 1.048, mentre quelli agli autori americani assommavano a 1.175. I riferimenti al resto degli articoli stranieri furono 955.

Nella letteratura chimica sovietica i riferimenti nazionali sono stati più numerosi di quelli agli Stati Uniti, 583 contro 324[22].
Anche in questo caso i sovietici hanno sovrastimato se stessi rispetto agli americani, più di quanto abbiano fatto gli inglesi. Quanto più una nazione è riconosciuta, tanto più essa diventa generosa con gli americani e tanto meno la sua autostima risulta distorta. Inoltre, a giudicare dal numero medio delle citazioni, essa tende a citare di più in generale. C'è anche da dire che la autostima degli americani è in genere giustificata; ho fatto un elenco dei 54 più importanti progressi sperimentali nel campo dei *laser*, nel periodo tra il 1960 e il 1975. Il 78% di essi si è verificato in laboratori statunitensi; e questa percentuale coincide con l'autostima degli americani nella Tabella II. Il disconoscimento dei russi (e, in minor misura, dei francesi e dei tedeschi) non è spiegabile con fattori linguistici, poiché ho preso in esame solo articoli in inglese. Praticamente tutte le riviste russe di fisica sono tradotte in inglese, mentre quasi tutti i lavori significativi francesi e tedeschi sono pubblicati in inglese.

Il nazionalismo nella divulgazione scientifica

Il nazionalismo nelle citazioni permea non solo la ricerca scientifica vera e propria, ma anche l'istruzione e la divulgazione scientifiche. Ho cercato di corroborare quest'assunzione.
Anzitutto ho scelto a caso alcuni libri di divulgazione scientifica[23-26] (uno per nazione) scritti da scienziati, e ho misurato le loro propensioni nazionalistiche nello stesso modo seguito nel caso degli articoli scientifici.
Ho elencato, secondo la loro nazionalità, gli scienziati menzionati in questi libri (citazioni multiple dello stesso nome sono contate come una). I risultati sono esposti nella Tabella III.
Notiamo la stessa tendenza di prima, per cui possiamo pensare di essere presumibilmente di fronte a una manifestazione di una legge generale.
È interessante notare che la propensione nazionalistica opera solo a senso unico: verso se stessi. La media delle citazioni da parte degli altri presenta una buona correlazione con una valutazione storica. Ciò risulta dal confronto tra i nostri dati e le frequenze delle citazioni delle varie nazioni in un libro di storia della scienza[27]. È vero che anche il fatto che l'autore del libro sia inglese potrebbe determinare una certa propensione nazionalistica, ma in prima approssimazione si può assumere che una storia generale della scienza tende a fornirne un resoconto abbastanza equilibrato. I risultati del confronto sono mostrati nella Tabella IV.

A prima vista sembra esservi, tranne che per i francesi, una concordanza ragionevole. Per quanto riguarda i francesi, potrebbe darsi che le loro imprese scientifiche nel XX secolo siano diminuite in confronto al XIX secolo o che essi siano più forti in scienze diverse dalla fisica. (Il libro di Singer tratta di tutte le scienze naturali ma si ferma al XIX secolo, mentre i libri di divulgazione da noi esaminati sono stati scritti da fisici

e riguardano anche la scienza del XX secolo.) In ogni caso, il contrasto tra autostima nazionalistica e giudizio equilibrato non potrebbe essere più chiaro.

Nazionalismo nella storia della scienza

È ben noto come il nazionalismo possa arrivare a distorcere le storie delle scoperte individuali. Gli esempi sono troppo familiari per prenderli qui in esame. In ogni caso, gli studiosi studiano molto poco la storia della loro materia. Esaminiamo, comunque, una storia recente, quale quella dei *laser*. Le due esposizioni divulgative di questa storia sono state poste a confronto.[28,29]

SCHAWLOW:	SOBOLEV:
Il principio del *maser* (emissione indotta nella regione delle micro-onde) è scoperto da Townes (USA) e perfezionato, nel 1954, da Gordon, Zeiger e Townes (USA).	Fabrikant, Butayeva e Budinskij (URSS) conducono i primi esperimenti che hanno portato al *maser*. Quindi, nel 1952, Basov e Prochorov (URSS), Townes, Gordon e Zeiger (USA) e Weber (Canada), indipendentemente gli uni dagli altri, propongono il *maser*.
Più tardi Bloemberger (USA) propone un metodo pratico per costruire il *maser* che viene applicato con successo da Feher, Scovil e Seidel (USA) nel *Bell Laboratory*.	Nel 1955 Basov e Prochorov (URSS) propongono un sistema a 3 livelli per l'inversione della popolazione.
Il principio del *laser* viene elaborato da Schawlow e Townes (USA) nel 1958.	Nel 1958 il principio dell'emissione indotta viene esteso alla regione ottica da Basov, Vul, Popov e Prochorov (URSS) e da Schawlow e Townes (USA).
Il primo *laser* funzionante viene costruito da Maiman (USA) nel 1960.	Basandosi sui lavori dei precedenti autori, Maiman (USA) crea, nel 1960, il primo *laser* in grado di funzionare.

Questo piccolo esempio dimostra parecchie cose: 1) Se è possibile travisare tanto la storia recente, che è ben documentata e i cui protagonisti sono ancora presenti, lavorano, ecc., che cosa ci si può aspettare dalle dispute su priorità più lontane nel tempo? 2) La scoperta di un nuovo fatto sperimentale chiaro e ben definito (come i raggi X, le particelle α e il *laser*) si presta meno a 'reinterpretazioni' delle previsioni teoriche o degli esperimenti 'classificati'. 3) L'assenza di obiettività nelle pretese di priorità non è limitata ai resoconti sovietici. 4) Leggendo questi resoconti senza conoscerne l'autore si può immediatamente supporre se l'origine è occidentale o sovietica. Chiamiamolo 'sciovinismo di blocco'. 5) Gli schizzi storici sopra esaminati erano rivolti allo scienziato non-specialista. Essi rafforzano le propensioni nazionalistiche assorbite dagli studiosi nei propri campi.

Nazionalismo nell'istruzione scientifica

Al fine di illustrare il contributo al nazionalismo dei libri di testo scolastici (l'indottrinamento nazionalistico non può mai incominciare troppo presto) ho scelto casualmente l'esempio di un libro di fisica per gli istituti tecnici italiani. Gli autori discutono le tre leggi fondamentali della meccanica senza nemmeno fare il nome di Newton, ma menzionando solo quelli di Leonardo e di Galilei. Ciò potrebbe compromettere la comprensione dell'importanza del grande balzo in avanti rappresentato dal calcolo differenziale di

Newton: l'introduzione del movimento e della dinamica nella teoria. Benché gli autori considerino un certo numero di scoperte straniere, essi pongono un'enfasi eccessiva sui più minuti contributi italiani. Ciò è esemplificato dalla loro affermazione che la precessione apparente del piano di oscillazione del pendolo fu scoperta da Vincenzo Viviani nel 1680, ma rimase sconosciuta fino a quando, due secoli più tardi, fu dimostrata da Foucault. Vi sono altre quattro pretese di priorità dello stesso tipo: Gian Alfonso Borelli (1670) rispetto a Jurin (1718) – legge della capillarità; Claudio Berignardi (1643) rispetto a Pascal (1648) – variazione della pressione atmosferica; Alessandro Volta (1792) rispetto a Gay-Lussac (1802) – espansione dei gas; Alessandro Volta (1795) rispetto a Dalton (1801) – pressione dei gas parziali.

Nello stesso tempo, questo esempio dimostra, se ce ne fosse bisogno, che le nazioni che ho raggruppato sotto la voce 'altri' non sfuggono alla regola della 'compensazione per il complesso di inferiorità'.

Un altro espediente a cui si ricorre frequentemente consiste in ciò che si potrebbe chiamare il 'minimo nazionalistico': nessuna pretesa forzata di priorità per un compatriota ma, semplicemente, l'applicazione della massima 'benché non per primi, c'eravamo anche noi'. Ad esempio, un libro di testo avanzato per le università sovietiche[31] descrive il famoso esperimento della goccia d'olio di Millikan (1910-16) e poi ricorda che *anche* A. F. Ioffe usò un metodo simile nel 1912. O, discutendo la legge di spostamento di Wien, esso afferma che la stessa relazione « fu ottenuta indipendentemente da B. B. Golicyn nello stesso anno 1893 »[32]. E così via per tutte le principali scoperte fisiche.

Nazionalismo nei nomi e nel linguaggio

Anche i dissensi sull'eponimia, a seconda dell'inventore-scopritore, rientrano nel complesso di priorità. Vi è anche il fenomeno del 'battesimo' ultrarapido, col quale una nazione sfrutta rapidamente un primato temporaneo. Un tipico esempio è stata la corsa dei russi a erigere un Pantheon nazionale di nomi per tutte le caratteristiche geografiche dell'altra faccia della Luna, quando una loro sonda spaziale la fotografò per la prima volta.

Un esempio dell'influenza del nazionalismo linguistico è la denominazione del congegno '*laser*'. Com'è ben noto il nome è una abbreviazione di *light amplification with stimulated emission of radiation*. Tuttavia, in Unione Sovietica, nelle pubblicazioni scientifiche in lingua russa il *laser* è ancora chiamato OKG (*optical quantum generator*), probabilmente per porre l'accento sul fatto che i *laser* sono anche un'invenzione sovietica. Un esempio occidentale: i Roentgen-*strahlen* sono stati chiamati raggi X, non perché sia stata messa in discussione la paternità di Roentgen ma, presumibilmente, per effetto del sentimento antitedesco nel periodo tra le due guerre mondiali.

b) NAZIONALISMO NELLE ORGANIZZAZIONI SCIENTIFICHE

L'altro gruppo principale di forme in cui si manifesta il nazionalismo riguarda le organizzazioni scientifiche.

Nomi delle istituzioni

Una di queste forme — per restare nell'ambito del complesso di eponimia — riguarda l'attribuzione dei nomi alle istituzioni scientifiche. In alcuni paesi ci si avvale generalmente di questa possibilità per fini politici e di prestigio nazionale.

Un caso intricato in proposito è quello del nuovo istituto franco-tedesco di Grenoble. Per evitare il delicato problema delle scelta di un unico nome, l'istituto fu chiamato Langevin-Laue. Ora che si sono aggiunti anche gli inglesi, si dovrà presumibilmente trovare un famoso fisico inglese il cui nome inizi per L.

In Unione Sovietica si ricorre esclusivamente a nomi di fisici nazionali, anche se essi non sono di prima grandezza (Lebedev, Ioffe, Kurčatov), piuttosto che a un qualsiasi nome straniero. Ciò è tanto più curioso in

quanto l'ideologia ufficiale dovrebbe essere l'internazionalismo. Quando sono a corto di scienziati i sovietici preferiscono ricorrere ai nomi dei politici (Lenin, Sverdlov, Ždanov, ecc.).

Organismi nazionali e internazionali

Da un po' di tempo a questa parte esistono varie organizzazioni scientifiche internazionali che danno concretezza al carattere internazionale della scienza. Benché il loro potere e la loro influenza non siano grandi, si può notare, nella distribuzione al loro interno dei funzionari, dei contributi finanziari, ecc., quella sottile contrattazione tra nazioni così tipica di altri campi come la politica e il commercio. L'esempio più straordinario di questo fatto sono stati i due anni di tiro alla fune per la localizzazione del *Joint European Torus*, la grande macchina futura per la ricerca comune sulla fusione.

Dopo la seconda guerra mondiale si sono creati, per la prima volta, laboratori internazionali e non solo delle semplici strutture organizzative a carattere internazionale, per conferenze, pubblicazioni, ecc. In questi laboratori scienziati di varie nazioni lavorano l'uno accanto all'altro. Ciò è stato fatto più spesso in Europa, dove i paesi industriali di piccole e medie dimensioni sentono il bisogno di tenere il passo delle superpotenze. Tuttavia è significativo che, laddove esistono entrambi i tipi di organizzazione, quelle nazionali possono vantare molti più successi (in termini di pubblicazioni o di 'primati') di quelle internazionali. In molti campi si può constatare che le nazioni europee preferiscono mantenere, per motivi di prestigio, costosi istituti nazionali piuttosto che contribuire a un istituto comune europeo. La sola felice eccezione è il CERN, il centro comune di ricerca nucleare di Ginevra, e questo presumibilmente perché la fisica nucleare *è* troppo costosa e troppo lontana da ogni possibilità di sfruttamento commerciale. Inoltre, sotto l'aspetto organizzativo, poiché i membri del Consiglio non rappresentano i loro governi, essi non hanno da portare vantaggi 'a casa'.

Discriminazione contro gli scienziati immigrati

Gli intrighi per occupare posizioni negli organismi internazionali si ripetono nella ricerca nazionale. Qui il nazionalismo può portare a forme di discriminazione contro scienziati immigrati.

Al fine di fare dei confronti quantitativi ho scelto, da[33], un campione casuale di 200 nomi di scienziati nati dopo il 1900. Ho assunto che ogni scienziato ivi menzionato sia, per definizione, eminente. Ho diviso gli scienziati in due gruppi: nativi (cioè, scienziati che stavano nei loro paesi) e immigrati. Entro ciascun gruppo ho individuato due categorie. 1) Coloro che si dedicano solo alla ricerca e all'insegnamento; ho fatto l'ipotesi che essi corrispondano ai nomi accompagnati dal solo titolo di 'professore di ...' e 'membro della società di ...'. 2) Nell'altra categoria ho incluso solo coloro nei cui *curriculi* comparivano termini come 'direttore', 'presidente', 'preside', 'capo', ecc. Ho assunto che questi termini siano indicativi di funzioni direttive.

L'ipotesi di lavoro da verificare era che, se c'è discriminazione contro gli scienziati di origine straniera, la proporzione degli appartenenti alla seconda categoria dovrebbe essere minore nel caso degli immigrati.

Tutti sappiamo di scienziati immigrati che sono saliti a posizioni molto alte e conosciamo anche esempi contrari. Anche tra gli scienziati nativi la proporzione di quelli che evitano compiti direttivi è notevolmente alta. Inoltre, si potrebbero trovare delle cause diverse dalla xenofobia: conoscenza imperfetta della lingua da parte degli immigrati, mancanza di contatti, ecc. Ma non è molto probabile che queste spieghino le forti differenze indicate dalla Tabella V. Da questa risulta chiaramente che esiste discriminazione contro gli stranieri.

CONCLUSIONI - III

L'ipotesi di lavoro di questo saggio è stata confermata: il nazionalismo influenza solo la

forma della scienza e non il suo nucleo essenziale. La dimostrazione si è basata sulla separazione metodologica tra contenuto e forma. Questa separazione è, a sua volta, una conseguenza del 'realismo ingenuo', professato da ogni scienziato attivo (almeno mentre rimane nel suo laboratorio). « La credenza in un mondo esterno indipendente dal soggetto che lo percepisce è il fondamento di tutta la scienza »[11]. Questa oggettività o realismo ingenuo porta ad eliminare ogni influenza ideologica sulla formulazione dei fatti e delle leggi scientifiche. In realtà, a chi è impegnato attivamente nella ricerca ciò sembra ovvio: scienziati sperimentali e teorici arrivano agli stessi risultati, qualsiasi siano le loro origini sociali, il loro retroterra ideologico, le loro convinzioni, e indipendentemente dal sistema sociale in cui è situato il loro laboratorio. Non esiste una fisica borghese o proletaria, checché ne possano dire i *gauchistes*. Le prove del carattere ideologico della fisica contemporanea[11] sono tutte estranee (= forma) alla sostanza della scienza: scelta delle priorità e degli indirizzi della ricerca (= politica della scienza); eventuali benefici militari ed economici (= utilizzazione della scienza); impiego di eminenti scienziati in qualità di esperti al di fuori del loro campo (= *establishment* scientifico-industriale-militare); gerarchizzazione (= organizzazione della scienza); ecc. – questi fatti non influiscono sul modo di scoprire i neutrini o sulla costruzione della teoria dei 'buchi neri', cioè sul contenuto della scienza. Naturalmente, per certi aspetti, le forme possono diventare molto importanti: esse possono creare la possibilità stessa di far ricerca. Ma, qui, non posso entrare in questa problematica.

Il materiale statistico è stato di necessità limitato a pochi confronti facilmente quantificabili. Questi hanno mostrato che il nazionalismo si è presentato come una sopravvalutazione della propria importanza nei casi in cui i risultati scientifici non sono stati all'altezza delle aspirazioni. Naturalmente si potrebbe rovesciare il discorso: sull'altro fronte il nazionalismo si presenta come una sottovalutazione dei paesi che si sono sviluppati per ultimi. Il test del premio Nobel tende tuttavia a favorire la prima alternativa. In entrambi i casi la domanda essenziale è: le preferenze nazionali nelle abitudini di citazione, nella divulgazione e nell'istruzione scientifica portano a trascurare importanti contributi scientifici degli altri e a privilegiare quelli dei connazionali?

Per rispondere a questa domanda è necessario introdurre il concetto di 'frattura temporale': tra il problema come esisteva prima dell'era atomica (o, diciamo, prima del 1957, anno del primo Sputnik) e come esiste nei giorni nostri. Nel primo periodo, a causa di cattive comunicazioni, barriere linguistiche, ecc., i pregiudizi nazionalistici potevano portare ad ignorare scoperte di primaria importanza. Si può citare il ben noto esempio della genetica mendeliana: la scoperta di Mendel, essendo stata pubblicata in una oscura rivista da uno sconosciuto monaco boemo, giacque dormiente per 34 anni, fino a che non fu riscoperta nel 1900. E si potrebbero citare molti episodi simili.

Comunque bisogna qui ricordare il problema dei tempi prematuri: se una scoperta non si inserisce nello sviluppo organico della ricerca scientifica, essa viene trascurata anche se fatta da un connazionale. D'altro lato, una scoperta che si inserisce in questo sviluppo verrà fatta simultaneamente da parecchi ricercatori o gruppi di ricercatori, poiché essa è 'matura'. Di conseguenza se, per motivi nazionalistici, si trascura il contributo di uno straniero, ciò può causare solo un breve ritardo, poiché quel contributo verrà necessariamente dato ovunque vi siano scienziati che stanno lavorando nello stesso campo. Il problema si riduce quindi a riconoscere tutti coloro che hanno contribuito a un'idea e che vi sono arrivati per primi. Ad esempio, ciò che in Occidente è noto come dispersione Brilluin, in Oriente è chiamato dispersione Mandelštam-Brilluin, poiché i russi insistono nell'affermare che Mandelštam ha fatto, nello stesso momento e indipendentemente da Brilluin, la stessa scoperta, e che solo le difficoltà di comunicazione nel periodo anteguerra ne hanno impedito il riconoscimento. Qualsiasi sia il nome con cui si pre-

ferisce chiamarlo, l'effetto è usato sia all'Est che all'Ovest per misurare, ad esempio, i punti critici dei liquidi.
In tempi recenti, la generale accettazione dell'inglese come lingua 'franca' delle scienze naturali, il miglioramento delle comunicazioni (conferenze, visite, immagazzinamento e accesso alle informazioni tramite calcolatori, ecc.) hanno reso possibile una conoscenza istantanea dei contributi veramente importanti. L'ignoranza di certi lavori dipende più dal flusso eccessivo delle informazioni che da pregiudizi nazionalistici.
In casi meno importanti ci possono essere ritardi o ignoranza. In uno studio bibliometrico[36] di una branca specialistica della scienza, i '*dye lasers*', nella quale il contributo sovietico non è stato molto significativo, ho osservato quanto segue: ben difficilmente qualche straniero citava lavori russi; alcuni di questi non furono mai tradotti (il che, in fisica, è strano) e le traduzioni che si fecero apparvero tardi, portando con ciò a sottovalutare il valore prioritario degli articoli originali. Alcuni 'primati' di secondaria importanza passarono inosservati e, parallelamente a ciò, quando erano gli stranieri ad arrivare in ritardo, non lo riconoscevano, fornendo i riferimenti bibliografici appropriati. Problemi simili, sia pure su scala ridotta, si trovano anche se si confrontano gli Stati Uniti con l'Europa. Ad esempio, un gruppo di ricercatori tedeschi ha pubblicato una breve nota in cui si sostiene che la pretesa americana alla scoperta del *dye laser* dalla massima potenza media ha ignorato due risultati pubblicati in Europa, ed entrambi superiori a quello americano.
Uno spinto nazionalismo può aiutare il progresso della scienza, se non in generale, almeno in particolari circostanze. Sto pensando all'esempio dello sviluppo tardivo in Russia e, ancor più, in Cina e nel Terzo Mondo. Può darsi che una viva coscienza nazionale aiuti a vincere la demoralizzazione che nasce dal confronto con le nazioni più avanzate scientificamente. Ma anche in questo caso non so se un sentimento di umiltà non porterebbe ugualmente, attraverso una marcia rapida e forzata, a colmare il ritardo nello sviluppo scientifico. Tanto per fare l'esempio del Giappone: 75-50 anni fa, i giovani giapponesi si riversarono nelle università europee con la sincera intenzione di imparare dalla nostra scienza tutto quello che potevano. Guardando ai loro risultati odierni, si può dire che quest'atteggiamento di umiltà non ha ostacolato il processo attraverso il quale essi hanno raggiunto la parità scientifica e tecnologica con l'Occidente.
È abbastanza ovvio, comunque, che nei paesi industrialmente avanzati il nazionalismo non ha da svolgere nella scienza alcun ruolo positivo. Dagli esempi che ho citato risulta chiaramente che esso potrebbe portare a ignorare i lavori di altri scienziati e quindi a inutili ripetizioni o complicazioni dell'attività di ricerca, alla sopravvalutazione del lavoro dei connazionali rispetto a quello degli stranieri e alla mancata utilizzazione dei migliori talenti disponibili per la direzione dell'attività scientifica. Poiché il nazionalismo riguarda le forme, la cornice della scienza e non i suoi contenuti, i suoi effetti non possono essere, in un modo o nell'altro, molto seri.

G. M.

Traduzione: G. Graziola - Milano

NOTE BIBLIOGRAFICHE

1 H. Rose and S. Rose (eds.), *Ideology of/in the Natural Sciences*, Macmillan, London, 1976 (trad. it. *Ideologia delle scienze naturali*, Feltrinelli, Milano, 1977).
2 R. K. Merton, *The Sociology of Science*, The University of Chicago Press, Chicago, 1973, pp. 267-278.
3 *Ibid.*, p. 271.
4 Riferito da P. Langevin, *La pensée et l'action*, Editions Sociales, Paris, 1964, p. 268.
5 P. Lenard, *Deutsche Physik*, J. F. Lehmann, München-Berlin, 1943.
6 P. Lenard, *Grosse Naturforscher*, J. F. Lehmann, München, 1937.
7 P. Duhem, *La science allemande*, Hermann, Paris, 1915.
8 G. Pettit and M. Leudet (eds.), *Les allemands et la science*, Paris, 1916.
9 Z. Medvedev, *Ascesa e caduta di Lysenko*, Mondadori, Milano, 1973.
10 D. Lecourt, *Lyssenko, Histoire réelle d'une 'science prolétarienne'*, Maspéro, Paris, 1976 (trad. it. *Il caso Lysenko*, Editori Riuniti, Roma, 1977).
11 R. Lewontin and R. Levins, *The Problem of Lysenkoism*, in nota 1, Vol. 1, p. 53.

12 B. RUSSELL, *Philosophy*, W. W. Norton & Co., New York, 1927, pp. 29-30 (trad. it. *Sintesi filosofica*, Firenze, La Nuova Italia, 1966, p. 36).

13 Vedi ad es. M. SCHELER, *Die Wissensformen und die Gesellschaft*, Neue-Geist Verlag, Leipzig, 1926, pp. 25, 56, 482-484.

14 M. SCHELER, *Genius des Krieges*, Verlag der Weissenbücher, Leipzig, cit. da R. K. MERTON, nota 2, p. 38.

15 P. DUHEM. *La théorie physique, son objet et sa structure*, Marcel Rivière & Cie, Paris, pp. 90-91.

16 G. MAGYAR, *Social Studies of Science*, 5, 1975, pp. 79-85.

17 In ref. 7, p. 181.

18 Citato in G. N. DOBROV, *Nauka o nauke*, Naukova dumka, Kiev, 1970, p. 12.

19 Nota 2, p. 365.

20 H. OLDENBURG, *Correspondence of Henry Oldenburg*, cura e traduzione di A. Rupert Hall e Marie Boas Hall, 6 Voll., University of Wisconsin Press, Madison, 1965-1969, Vol. 3, p. 373, citato in nota 2, p. 184.

21 *Le Monde*, 20 Ottobre, 1976.

22 *Chemistry: Opportunities and Needs*, National Academy of Science - National Research Council, Washington-Ottawa, 1965, p. 32.

23 G. THOMSON, *The Inspiration of Science*, O.U.P., London, 1961.

24 V. KOURGANOFF, *La recherche scientifique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967.

25 W. HEISENBERG, *Physics and Philosophy*, University of Chicago Press, Chicago, 1958.

26 A. KITAIGORODSKII, *Fizika - moya professiya*, Molodaya Gvardiya, Moskva, 1965.

27 CH. SINGER, *A Short History of Scientific Ideas to 1900*, O.U.P., London, 1959.

28 A. SCHAWLOW, *The Optical Maser*, ristampato da *Scientific American*, 1965.

29 N. SOBOLEV, *Lazeri i ich buduscee*, Atomizdat, Moskva, 1968.

30 Q. BELLINI e V. RONCHI, *L'evoluzione della fisica*, Giunti, Roma, 1962.

31 V. N. KONDRATEV, *Struktura atomov i molekul*, Akademizdat, Moskva, 1959.

32 *Ibid.*, p. 32.

33 *Who is Who*, in *World Science*, 1968.

34 A. EINSTEIN, *Ideas and Opinions*, Crown Publishers, New York, 1954, p. 260.

35 J.-M. LEVY-LEBLOND, *Ideology of/in Contemporary Physics*, in ref. 1, Vol. II, pp. 137-175.

36 G. MAGYAR, *Journal of Documentation*, 30, 1974, pp. 32-40.

Tabella I

Proporzione degli articoli teorici e sperimentali nella fisica francese e inglese

Nazionalità degli autori	Teorici (%)	Sperimentali (%)	Totale
Inglese	195 (43%)	256 (57%)	451
Francese	96 (36%)	169 (64%)	265
Totale	291 (40,5%)	425 (59,5%)	716

Tabella II

Nazionalismo nell'uso delle citazioni

Nazionalità degli autori degli articoli	Percentuale delle citazioni degli autori di una data nazione							Numero medio citaz. per articolo
	Americani	Inglesi	Tedeschi	Francesi	Sovietici	Altri	Totale	
Americani	S = 79,85	5,75	3,60	0	2,88	7,92	100	13,9
Inglesi	64,55	S = 24,55	2,73	2,73	2,73	2,73	100	11,0
Tedeschi	57,20	14,30	S = 16,05	4,45	2,66	5,32	100	11,2
Francesi	48,70	9,45	2,70	S = 32,40	1,35	5,40	100	7,4
Sovietici	46,50	1,41	4,23	1,41	S = 43,63	2,82	100	7,1
Media normalizzata della % di citazioni da parte di scienziati stranieri (= N)	54,20 (72,00)	7,73 (10,24)	3,31 (4,41)	2,14 (2,83)	2,40 (3,18)	5,54 (7,35)	75,36 100	
Eccesso % dell'autostima sulla media normalizzata delle citazioni degli altri $\left[= \frac{S-N}{N} \times 100\right]$	9,2	140	264	1047	1272			

Tabella III

Propensioni nazionalistiche nei libri di divulgazione scientifica

Nazionalità dell'autore	Percentuale delle citazioni degli scienziati di una data nazione					N.ro tot. delle citaz.
	Anglo-americani	Tedeschi	Francesi	Russi	Altri	
Inglese	S = 59,5	22,8	8,6	0	10,1	79 (100 %)
Tedesca	29,5	S = 41,0	9,9	2,8	16,9	71 (100 %)
Francese	27,0	17,3	S = 36,5	0,96	18,3	104 (100 %)
Russa	31,6	17,5	8,8	S = 29,8	12,3	57 (100 %)
Media normalizzata delle % di citazione da parte di autori stranieri (= N)	29,4 (40,24)	19,2 (26,22)	8,8 (12,16)	1,25 (1,70)	14,4 (19,68)	73 (100)
Eccesso % dell'autostima sulla media normalizzata degli altri $\left[= \frac{S - N}{N} \times 100\right]$	47,8	56,4	200	1650		

Tabella IV

Peso oggettivo delle citazioni degli scienziati di una data nazione

Fonte	Percentuale delle citazioni degli scienziati di una data nazione					Totale
	Inglesi	Tedeschi	Francesi	Russi	Altri	
Giudizio medio degli stranieri (da Tabella III)	40,2	26,2	12,2	1,7	19,7	100,0
Storico della scienza (Ch. Singer)	35,8	26,1	18,9	1,7	17,5	100,0

Tabella V

Esclusione degli scienziati immigrati da compiti direttivi

Attività	Tipo di scienziati			
	Nativi		Immigrati	
	Numero	%	Numero	%
Solo ricerca e insegnamento	33	20,6	18	45,0
Anche compiti direttivi	127	79,4	22	55,0
Totale	160	100,0	40	100,0

Democrazia italiana e democrazia europea

MASSIMO PANEBIANCO
Università di Salerno

I UNA PAGINA DI STORIA COSTITUZIONALE ITALIANA: ART. 11 DELLA COSTITUZIONE ED EUROPEISMO

Nei vari Stati membri della Comunità europea alla base di tale costruzione politico-giuridica c'è sempre una norma 'costituzionale' che l'autorizza. Per l'Italia c'è la norma ampia e generica di cui all'art. 11 Cost., che così recita: « L'Italia ... consente, in condizioni di parità con gli altri Stati, alle limitazioni di sovranità necessarie ad un ordinamento che assicuri la pace e la giustizia fra le Nazioni; promuove e favorisce le organizzazioni internazionali rivolte a tale scopo ». È sulla base di tale norma che sono state emanate le leggi di ratifica e di esecuzione dei trattati istitutivi della CECA, della CEE, dell'EURATOM, nonché dei successivi provvedimenti di modifica e di integrazione.

Per la sua stessa ampia genericità la norma di cui all'art. 11 Cost. abbraccia tipi di organizzazioni internazionali fra loro molto differenti: dalle organizzazioni universali (ONU e suoi istituti specializzati), alle organizzazioni 'regionali' (NATO, OCSE, Consiglio d'Europa, UEO), alle comunità europee in senso stretto (comunità 'sovranazionali'). Per tali suoi caratteri la stessa norma si presta ad una molteplicità di usi 'politici', secondo il diverso tipo di organizzazioni e secondo il concreto sviluppo storico di ciascuna di esse. La storia delle Comunità europee — e particolarmente della CEE — appare fra tutte la più significativa, avendo provocato il dibattito politico-culturale più ampio, e mai svolto nel nostro Paese con altrettanto interesse, sulle conseguenze dell'art. 11 Costituzione.

Se è vero che punti fermi ormai si registrano in tale dibattito[1], ci pare peraltro che il tema resti apertissimo, per la stessa ampiezza e gradualità del processo politico-costituzionale ancora in corso. Tirare conclusioni è senz'altro azzardato. Segnare, però, le linee generali di una pagina di storia costituzionale italiana, così seducente, ed ancora così incompleta, ci pare porti un contributo chiarificatore ad ogni successivo sviluppo dell'europeismo.

II LA SOVRANITÀ LIMITATA E LA PARTECIPAZIONE SOVRANA ALLA COSTITUENTE

La suddetta norma dell'art. 11 Cost. si divide in due parti ben distinte: *a*) lo Stato italiano si autodefinisce 'Stato a sovranità limitata' nello

esprimere il suo fondamentale consenso ad ordinamenti internazionali contrassegnati dalla triplice caratteristica di essere 'paritari', 'pacifici', 'giusti' (nonché a finalità 'sociale', cioè intesi ad « affermare e regolare i diritti del lavoro », come aggiunge l'art. 35 co. 3 Cost.);
b) lo Stato italiano si definisce, ancora, 'promotore e fautore' di corrispondenti organizzazioni internazionali rivolte a tale scopo, e cioè ad organizzare internazionalmente la sua sovranità per i tre fini sopra indicati.
Come risulta evidente, il contenuto di tale norma è prevalentemente negativo ('limitazioni di sovranità') e formalistico ('promuove e favorisce'). Ma non segnala, positivamente, con quali forme ed in quali limiti la sovranità italiana debba essere circoscritta e la promozione delle organizzazioni internazionali positivamente realizzata. Cioè a dire, che si lascia alla logica complessiva del sistema costituzionale (e della sua storia) di stabilire come uno Stato così definito possa, allo stesso tempo, essere anche custode della propria sovranità e delle relative forme di esercizio popolare (art. 1, 3, 5 Cost.).
Non dal testo costituzionale, ma piuttosto dalle ideologie costituzionali dei partiti operanti alla Costituente, si può ricavare maggior luce sui modi di coesistenza della « sovranità popolare » (art. 1 Cost.) con la « sovranità limitata » (art. 11 parte prima) e della « partecipazione popolare » (art. 3 e 5 Cost.) con l'attività di 'promozione e favore' per le organizzazioni internazionali. Si tratta di un'indagine storica da compiere mediante l'analisi delle fonti documentarie dell'epoca. Indagine avente come oggetto la teoria dell'organizzazione internazionale e dello Stato, come valutata nel pensiero politico-giuridico dell'Assemblea costituente.
All'epoca della Costituente già esistevano organizzazioni internazionali e già si prospettavano eventuali organizzazioni europee[2]. Già esisteva l'ONU (dal 1945) ed erano in attività alcuni suoi istituti specializzati, da cui sarebbe partita la ricostruzione dell'ordine economico-sociale internazionale del dopoguerra. Da tale punto di vista, l'Italia era quasi 'naturalmente' avviata ad una 'politica' internazionale di cooperazione politico-economico-sociale, che appariva dominante sul piano universale e cui altri Paesi aderivano nello stesso periodo e con impegni costituzionali analoghi a quello italiano[3]. Ancora all'epoca della Costituente esisteva già un forte rilancio dell'idea di Europa e della tradizione politico-economica europea, come linea ufficiale di Stati e di Governi, nonché di forze politiche impegnate in partiti[4]. Churchill aveva già indicato le vie dell''Unione europea' nel suo famoso discorso alla Università di Zurigo (14-5-1947) ed il generale americano Marshall aveva, da parte sua, lanciato l'idea del grande piano di ricostruzione da cui derivò la prima organizzazione europea del dopoguerra, cioè l'OECE (5-6-1947). Di fronte a tale duplice indirizzo di favore per organizzazioni internazionali universali ed europee, ben si comprende l'atteggiamento dei partiti italiani presenti alla Costituente: ci si riallacciava alla migliore tradizione del pensiero politico italiano, per ripudiare il nazionalismo del periodo fascista, aderire ad una politica di

collaborazione internazionale cui non esisteva alternativa ed, insieme, apportare un contributo autonomo di pensiero.
Le tendenze politico-ideologiche dei maggiori partiti del tempo possono schematicamente ridursi a quattro, come esse derivavano dalla tradizione italiana e come esse erano maturate nell'opposizione ideologica compiuta dall'interno, ma soprattutto dall'esterno del Paese, rispetto al fascismo.

a) La tendenza democratico-liberale
Era ampiamente e diffusamente rappresentata, esprimendo un po' il fondo comune a tutti i partiti, una specie di stato di coscienza dell'opinione pubblica, un'idea filtrata dalla diplomazia negli ambienti internazionali.
Secondo tale tendenza andava realizzata un'operazione duplice, ma parallela e simultanea nelle sue parti; *limitazione* della sovranità (altrimenti assoluta, piena e completa) dello Stato; progressivo trasferimento (o travaso) nelle organizzazioni internazionali (e soprattutto europee) della *partecipazione* sovrana del popolo, nelle istituzioni che lo rappresentano e nei valori democratici che esso esprime. Dalla società europea classica si voleva: che continuasse ad essere una società egualitaria di Stati (e di popoli), fondata sulla coesistenza pacifica, a base di consenso, e che sempre più diventasse una società organizzata (com'era nella tradizione del Concerto europeo e della Società delle Nazioni). Ma non si accettava più che potesse essere una società statualistica, con meccanismi di governo fondati sull'equilibrio politico, affidati alla virtù precaria dei diplomatici ed alle transazioni mercantili di un ceto imprenditoriale legato alla incerta solidarietà del cosiddetto commercio internazionale.
Si voleva, invece, il trasferimento completo dei valori della democrazia dal piano interno a quello internazionale, secondo questi criteri ideali:
pacifismo, inteso come garantismo completo dei diritti e delle libertà fondamentali nell'intera esperienza dell'uomo, senza limiti di frontiera, come attuazione della democrazia rappresentativa, del buon governo e della giurisdizione oltre lo Stato di diritto fino al livello delle unioni (o anche federazioni) internazionali (europee);
liberismo, inteso come dottrina e prassi del libero-scambismo, suscettibile di avere una importante funzione di integrazione dei mercati nazionali in unità più ampie e superiori (aree di libero scambio, unioni doganali, aree regionali, unioni economiche);
funzionalismo, inteso come fase di transizione al federalismo, in settori ristretti di integrazione, progressivamenti allargati e connessi, fino al punto da prospettare una unione costruita al di sopra ed indipendentemente dal permanere degli Stati come entità politiche distinte (teoria del '*sector by sector approach*' ed effetto di '*spill out*')[5].
Invero, proprio questa particolare tendenza avrebbe trovato attuazione nelle forme di integrazione 'funzionale' delle Comunità europee e nelle rispettive forme governative, caratterizzate dalla presenza di autorità o

'corpi tecnocratici' o 'burocratici' elitari, chiamati a gestire l'instaurazione ed il funzionamento dei mercati internazionali (es. Alta Autorità del mercato carbosiderurgico, poi la Commissione nel mercato 'comune').

b) *La tendenza democratico-cristiana*

Anche questa tendenza era ampiamente radicata e diffusa, confluendo in essa la dottrina politica cattolica sulla comunità internazionale, il pensiero politico del disciolto partito popolare italiano (alla luce delle meditazioni del suo fondatore L. Sturzo durante il ventennale esilio a Parigi, Londra, New York), nonché l'elaborazione propria dei gruppi locali (milanese, fiorentino, barese) del nuovo partito della 'Democrazia cristiana'[6]. Secondo tale tendenza la crisi manifesta del nazionalismo liberale imponeva di non credere alla universale libertà di commercio, come fattore primario ed unificante dell'Europa; tale crisi imponeva ancora, di non credere all'aggiornamento delle strutture tradizionali di governo dell'Europa — ovvero al 'concerto' delle Assemblee e dei Consigli; tale crisi imponeva anche di guardare con riserva le nuove forme di governo degli Stati nell'economia ed, in specie, le autorità di governo 'funzionale' dell'economia internazionale[6].

Si voleva, invece, il riconoscimento di una comunità internazionale, universale o regionale, come entità superiore, autonoma e distinta rispetto ai singoli Stati componenti. E si pensava di giungere a tale risultato secondo questi criteri ideali:

universalismo, inteso come una visione unitaria dell'umanità o delle varie genti costitutive del genere umano. Da tale unità naturale deriva che l'umanità non può che essere 'una', cioè una 'società massima' riducibile ad una serie di parti sociali distinte ed autonome, o di popoli poi variamente chiamati secondo le loro forme organizzative (Nazioni, Stati, Regni, Repubbliche ecc.). L'umanità tenderebbe, perciò, ad organizzarsi in forme di unità internazionale, secondo una gerarchia di istituzioni, variamente denominate nella storia, di varia ampiezza e potenza, che vanno dalla '*Res publica christiana*' del Papato e dell'Impero medioevali, all'Europa del Concerto, al Panamericanismo, al *Commonwealth*, alla Società delle Nazioni ed alle Nazioni Unite, come forme di governo universale (o regionale);

pluralismo, inteso come specifica forma della dottrina politica cattolica e della sua critica alla dottrina liberale della società nazionale ed internazionale. L'universalismo cattolico innanzi detto non si popola, invero, di soli Stati e di Unioni di Stati, né crede al pluralismo degli Stati moderni come società 'perfette', né al loro equilibrio politico come '*fundamentum christiani orbis*'. Nella dimensione unitaria della comunità universale — dove il modello medioevale vince su quello moderno — tale comunità non solo conserva una sua unità superiore a quella delle divisioni politiche, non solo conserva una vocazione superiore a quella delle regioni del vecchio e del nuovo mondo (Europa-America ecc.), ma addirittura contesta direttamente agli Stati la loro natura di istanza supre-

ma — o sovrana — rispetto alla vita delle singole persone. La dottrina sociale cattolica ritiene, invero, che la società statale sia non la società, ma una delle possibili forme sociali in cui si svolge la vita personale: e, precisamente, una forma intermedia fra il pluralismo sociale e politico di base (famiglia, scuola, lavoro, comune, regione) e la società massima rappresentativa dell'unità sociologica (naturale) dell'umanità;
gradualismo, inteso come specifica forma di organizzazione gerarchica del pluralismo, nel senso della necessaria distinzione delle varie comunità e dei poteri delle rispettive autorità. Esse si integrano secondo il criterio della specializzazione e della supplenza. Cosicché, in una visione integrata, esse si completano in una comune esigenza di 'servizio' alla persona nei vari momenti della sua vita politica-economica-sociale (criterio di sussidiarietà).

c) *La tendenza radicale* (*federalistica*)
Era presente soprattutto nel Partito d'azione e nella sinistra di orientamento socialista (non-marxista). Non bisogna dimenticare l'orientamento del socialismo francese[7] dell'800, che fu decisamente federalista, ritenendo che il federalismo — e non il nazionalismo democratico o socialista — sia la formula politica migliore per coniugare libertà ed autorità, autogestione dei produttori e pianificazione economica. Questa tendenza ritiene, peraltro, che il federalismo economico non sia necessariamente la premessa del federalismo politico e che sia invece preliminare l'attività costituente, rimessa direttamente al popolo, mediante la elezione diretta dei suoi rappresentanti europei[8].
Criterio caratterizzante il federalismo — e per tale ragione gli aderenti andarono oltre il 'Partito d'azione'[9] — fu il:
parlamentarismo, inteso come esigenza obbiettiva di superamento sia del nazionalismo sia della sovranità nazionale. Solo attraverso una progressiva dissoluzione delle singole sovranità si poteva raggiungere una rappresentanza proporzionale alla consistenza di ciascun popolo (rappresentatività popolare), aperta a forme di collaborazione organica, nell'ambito di un parlamento comune, ove si voti con criteri di maggioranza e non di consenso internazionale (maggioranza parlamentare).

d) *La tendenza marxista*
In questa tendenza si manifestavano due correnti, una socialista, maggiormente vicina al federalismo del partito d'azione, ed un'altra, comunista, maggiormente legata all'internazionalismo socialista (nella versione della terza internazionale). Erano, cioè, proprio i comunisti ad esprimere preferenza per un sistema di organizzazione universale (tipo ONU), e quindi tale da non creare discriminazioni regionali (o sub-regionali) in Europa, in danno delle nascenti democrazie socialiste, appunto europee-orientali. Né, peraltro, un partito ancora giovane, come quello comunista — e con posizione elettorale relativamente debole — poteva vedere con favore un decentramento del potere dello Stato italiano verso organismi di tipo federale.

Ciononostante la tendenza dei partiti operai italiani, come si è detto, aveva espresso una scelta internazionalistica secondo questi criteri:
anticapitalismo, inteso come specifica espressione dottrinale del marxismo, inteso a contrastare l'espansione capitalistica internazionale del dopoguerra mediante la partecipazione a strumenti adeguati di governo dell'economia e, più in generale, dell'attività delle imprese nazionali in più ampi mercati[10];
internazionalismo socialista, inteso come specifica forma di solidarietà dei partiti operai e marxisti, mossi dalla ideologia comune delle 'vie nazionali al socialismo'. Tale ideologia, che genericamente esisteva al momento della Costituente, ha subíto un'evoluzione recente nei partiti comunisti occidentali, così ponendo le basi di uno specifico favorevole atteggiamento nei confronti dell'europeismo. Tale evoluzione comporta la possibilità di recuperare la tradizione culturale e teorica dell'europeismo, conciliandola con quella 'marxista', sì da pervenire ad una presenza attiva negli organismi di governo comunitario (di cui peraltro si auspica una progressiva democratizzazione ed un intervento più efficace nella gestione dell'economia). È sulla base di tali premesse che il PCI parteciperà ai lavori dell'Assemblea europea di Strasburgo (ma solo a partire dal 1969), chiudendo la sua ventennale opposizione alle organizzazioni europee ed alle stesse Comunità europee[11].

III LE TRASFORMAZIONI NAZIONALISTICHE DELLA SOVRANITÀ LIMITATA E DELLA PARTECIPAZIONE SOVRANA SECONDO IL TRATTATO CEE E LA PRASSI COMUNITARIA

Quando nel Marzo 1957 fu firmato il *Trattato di Roma* — istitutivo della CEE — era chiaro trattarsi della più cospicua attuazione dell'art. 11 fino ad allora realizzata, per l'ampiezza stessa della materia regolata e dei poteri conferiti ad un apparato istituzionale capace di imporsi non soltanto agli organi statali quanto agli stessi cittadini (organizzazione 'sovranazionale'). L'atteggiamento dei partiti italiani non era gran che mutato rispetto al periodo della Costituente: ruolo ormai centrale e determinante del partito di maggioranza governativa (Democrazia cristiana), partecipazione dei liberali alla coalizione di governo, astensione attiva dei socialisti (successivamente divenuti anch'essi forza di Governo negli anni '60) ed ancora protratta opposizione dei comunisti[12].
Il modello realizzato corrispondeva, nella sostanza, al progetto democratico-liberale concepito all'epoca della Costituente. Gli altri progetti erano non rispettati od elusi. Cadeva l'universalismo democratico-cristiano, di fronte alla reale divisione del mondo e dell'Europa del dopoguerra in due 'blocchi' contrapposti: e ciò, anche se il *Trattato* proclamava di voler porre « le fondamenta di un'unione sempre più stretta fra i popoli europei », di volere « eliminare le barriere che dividono l'Europa », di voler contribuire alla « soppressione progressiva delle restrizioni agli scambi internazionali », nonché confermare « la solidarietà che lega l'Europa ai Paesi d'oltremare »

(*sic*!), allo scopo di « assicurare lo sviluppo della loro prosperità conformemente ai principi dello Statuto delle Nazioni Unite » (v. il *Preambolo* del *Trattato di Roma*, 25-3-1957). Restava l'appello, alquanto generico, « agli altri popoli d'Europa, animati dallo stesso ideale, perché si associno al loro sforzo » (*ivi*). Cadeva, ancora ed insieme, il progetto democratico-cristiano di una comunità fondata sul pluralismo politico e sociale, dovendosi limitare alla costruzione di una società europea di « popoli » (come dice il *Preambolo*), prima che di « Stati » (come poi dice il testo del *Trattato*); così come cadeva la connessa idea di una comunità a tre livelli — Comunità, Stati, Enti locali —, per il motivo determinante della natura non-politica ma economica della comunità medesima. In breve, la fine del progetto democratico cristiano era stata segnata dalla caduta della Comunità europea di difesa (CED) e dal non proseguimento dei lavori della Comunità politica europea (1954): il 'rilancio' costituito dalla Comunità economica, sia pure con evidente caduta di politicità, rappresentava, pertanto, un mezzo per continuare il 'discorso' europeistico, senza lasciarlo abbandonato a se stesso. Insieme al progetto democratico-cristiano cadevano, quasi di conseguenza, il progetto radicale (federalistico) legato all'idea della assemblea costituente politica così come quello marxista, legato alla pregiudiziale anticapitalistica ed internazionalsocialista (e ciò fino ai 'rientri' dei partiti socialista e comunista).

Prevaleva, dunque, il progetto democratico-liberale, inteso a perseguire i tre obbiettivi del pacifismo, liberismo e funzionalismo (come innanzi descritti). Vediamo come tali ideali si traducevano nella realtà.

L'Unione fra i popoli della Comunità era espressamente ancorata al « progresso economico e sociale », cioè al « miglioramento delle condizioni di vita e di occupazione ». E, per raggiungere tale scopo, si proponeva un allargamento delle dimensioni delle libertà economiche e sociali individuali, come garantite dagli Stati (libera circolazione delle merci, delle persone, delle imprese e dei capitali nell'area del mercato comune); ma ancora, si proponeva un nucleo unitario di politiche economiche e sociali, allo scopo di « assicurarne lo sviluppo armonioso, riducendo le disparità fra le diverse regioni ed il ritardo di quelle meno favorite » (politica industriale, agricola e sociale, nonché politiche generali commerciale ed economica-monetaria). In breve, il *Trattato* CEE si prefiggeva di scrivere una moderna « Carta delle libertà fondamentali e dei diritti economico-sociali dei cittadini comunitari », attraverso il regime delle quattro « libertà di circolazione » e dei diritti « economico-sociali » garantiti dalle varie politiche comunitarie (v. art. 1-3 del *Trattato*).

Accanto alle due finalità del pacifismo e del liberismo, si proponeva, sul piano istituzionale, uno specifico ideale comunitario. In che senso? Attraverso la combinazione di due principi, quello dell'internazionalismo e quello del funzionalismo (sovranazionale). L'equilibrio istituzionale del modello comunitario di governo risulta, appunto, fondato sulla combinazione dell'elemento (inter-)nazionale, rappresentato dal Consiglio dei Ministri (titolare del potere di controllo politico), rispetto al potere sovranazionale, rap-

presentato dalla Commissione (titolare del potere di iniziativa e di esecuzione) e dalla Corte di Giustizia (titolare del potere di controllo giurisdizionale). Come si vede, tale assetto riserva i poteri più importanti di decisione (e di mediazione degli interessi) ad un organo interstatale, formato da Ministri dei Governi nazionali, ed incaricato di deliberare sulle questioni di politica economico-sociale generale. Nei confronti del Consiglio, l'Assemblea parlamentare della CEE, formata da delegazioni dei Parlamenti nazionali, non esercita alcuna competenza parlamentare classica; essa esercita solo un potere di indirizzo politico generale e di controllo nei confronti dell'organo 'sovranazionale', la Commissione. A sua volta quest'ultima, formata da personalità indipendenti dai Governi nazionali, rappresenta un organismo 'tecnico', dotato di efficaci poteri di iniziativa nei confronti del Consiglio e di poteri di esecuzione delle deliberazioni di questo ultimo (regolamenti, direttive, decisioni ecc. secondo l'elenco di cui all'art. 189 del *Trattato*)[13]. Anche dal punto di vista istituzionale risulta, pertanto, chiara la caduta di politicità della CEE, rispetto ai modelli costituzionali. Non il Superstato, o l'Unione costituzionale, ma solo una organizzazione internazionale, sia pure sviluppata ed articolata. Non l'Unione a base politica, ma una società europea di imprenditori, che non richiede forme di rappresentanza politica generale, ma solo forme di rappresentanza ministeriale o tecnico-burocratica, in assenza di una rappresentanza parlamentare vera e propria, espressione di un mandato popolare in senso formale.

Peraltro, il modello istituzionale fondato sul potere prevalente della coppia Consiglio-Commissione (i cosiddetti esecutivi comunitari) ha subíto profondissime trasformazioni, che ne hanno mutato la natura in senso nazionalistico. Cioè, dopo il 1957, la coppia degli 'esecutivi' ha governato come tale solo nella prima fase di attuazione del mercato comune; poi ha rafforzato la posizione del Consiglio, mediante la creazione di un nuovo organismo dipendente a funzione stabile, con compiti istruttori, il Comitato dei rappresentanti permanenti delle burocrazie nazionali (Capi di missione diplomatica a Bruxelles). Sempre all'interno della coppia degli 'esecutivi' si è registrato un parallelo processo di nazionalizzazione delle procedure di deliberazione — fondate non più sul criterio della maggioranza bensì del consenso — nonché una parallela diminuzione dei poteri di iniziativa della Commissione, oggetto di una progressiva erosione a favore del Consiglio dei Ministri (e dei Rappresentanti permanenti).

Questa trasformazione in senso nazionalistico dell'originaria formula di governo comunitario risponde alla ideologia della 'Europa delle Patrie' e fu sostanzialmente avviata nel periodo degli anni '60 (politica europea della 5ª Repubblica francese e gollismo, inteso come politica di stretta salvaguardia degli interessi nazionali nell'ambito della politica comunitaria)[14]. Il mutamento del clima politico in senso nazionalistico portò ad una nuova concezione della 'sovranità limitata', intesa come limitazione consensuale da compiersi non più una volta per tutte mediante il trattato, ma da verificarsi caso per caso mediante singoli atti di rinuncia. Ne uscì,

in primo luogo, modificato il rapporto istituzionale fra i membri del Consiglio ed invalse il cosiddetto metodo della 'sincronizzazione', inteso ad attuare il *Trattato di Roma*, non più secondo il calendario dal medesimo previsto, bensì isolando come mature per la decisione solo le 'materie' atte a garantire l'immediata reciprocità dei sacrifici e dei vantaggi per ciascuno Stato membro. Non solo si svuotava di ogni contenuto automatico il progresso delle politiche comuni, ma si introdusse come prevalente il metodo del negoziato diplomatico collettivo fra gli Stati membri. Addirittura si svuotò di incidenza giuridica il potere di iniziativa della Commissione: tale iniziativa, manifesta in 'proposte' all'esame del Consiglio per le relative delibere, finiva per sottostare all'equilibrio del dare e dell'avere. Cosicché la stessa iniziativa si insabbiava in puntigliose ed estenuanti trattative, ove era valutata non per il pregio tecnico o per la tutela dell'interesse comunitario, ma per la capacità globale di soddisfare tutti gli interessi degli Stati membri, previsti o non previsti che fossero dal *Trattato di Roma*.

Tale nazionalizzazione della procedura di voto nell'ambito del Consiglio fu normalizzata nel cosiddetto compromesso di Lussemburgo del 29-1-1966. I Ministri degli esteri dei Paesi membri si riunirono a Lussemburgo (non a Bruxelles), come riunione straordinaria del Consiglio, in assenza della Commissione, non invitata a presenziare ai lavori. L'accordo finale, mai pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale della Comunità*, era una sorta di 'intesa' comunitaria, o dichiarazione di intenzione degli Stati, circa i loro futuri comportamenti da tenersi nelle procedure di voto e nei confronti delle iniziative della Commissione. In sostanza si trattava di una modifica tacita del *Trattato*, stabilendo che il Consiglio sarebbe rimasto una sede di negoziato diplomatico retto dalla regola dell'accordo all'unanimità, e non sarebbe mai divenuto un vero 'governo europeo', retto dalla regola della maggioranza che si impone alla minoranza dissenziente. In contrasto, appunto, con l'art. 148 del *Trattato di Roma*, si convenne su una formula molto sfumata, per cui l'applicazione della regola della maggioranza dovesse far posto alla ricerca di una soluzione accettabile da tutti i membri del Consiglio, in tutte le ipotesi in cui fossero in gioco « interessi molto importanti di uno o più Stati membri ». A parte l'estrema difficoltà di definire l'importanza degli interessi e, soprattutto, il *quis iudicabit* della medesima, restava l'ulteriore riserva per cui, « quando trattasi di interessi molto importanti, la discussione dovrà procedere fino al punto in cui non si sia pervenuti ad un accordo unanime »[15].

IV L'ALLARGAMENTO DELLA PARTECIPAZIONE NAZIONALE IN SEDE COMUNITARIA: IL CONSIGLIO EUROPEO E L'ELEZIONE DIRETTA DEL PARLAMENTO EUROPEO

Il 'compromesso' di Lussemburgo del 1966 segna, insieme, un arresto definitivo del metodo 'sovranazionale' e l'inizio di un'ascesa irresistibile del metodo 'internazionale'. La Commissione viene tolta dal suo isolamento te-

cnocratico (l''eurocrazia'), mediante il rafforzamento della burocrazia nazionale presente a Bruxelles nel 'Comitato dei rappresentanti permanenti' (formalmente istituito dal trattato di Bruxelles dell'8-4-1965, ma entrato in vigore il 1º-7-1967). Contestualmente si assiste ad un progressivo allargarsi della presenza dei governi nazionali a Bruxelles (e quindi della 'partecipazione' che chiameremo 'esterna' dell'Italia nell'ambito degli organi di governo comunitario).

Infatti, il Consiglio dei Ministri — grosso modo analogo ad un Consiglio nazionale dei Ministri — risponde agli imperativi della democrazia, perché nell'insieme ciascun Ministro è sottoposto nel suo Paese di origine al controllo del Parlamento nazionale e inoltre ai criteri della collegialità e dell'unità di indirizzo politico, garantiti dal Presidente del Consiglio dei Ministri o Capo del Governo. L'estensione di questa formula di governo al livello comunitario è avvenuta non senza difficoltà. Ci si rese conto, infatti, che il Consiglio comunitario poteva trasformarsi in un meccanismo istituzionale complessivo di rappresentanza degli interessi nazionali a tutti i livelli da quello dei Ministri a quello dei Capi di Governo. Altrimenti l'azione consiliare restava '*capitis deminuta*', affidata com'era a Ministri a competenza settoriale (finanze, agricoltura, trasporti, lavoro ecc.), chiamati a decidere attraverso una mediazione preliminare fra le esigenze della burocrazia europea (la Commissione) e le varie burocrazie nazionali (Comitato dei rappresentanti permanenti) (art. 145 sgg. *Trattato di Roma*).

Era così iniziata la prassi dei cosiddetti 'Vertici' dei Capi di Stato e di Governo, abbastanza discontinui durante il periodo transitorio di instaurazione del mercato comune (1958-1969: Parigi, 10-2-1961; Bonn, 18-7-1961; Roma, 29-5-1967; l'Aja, 1º-12-1969); poi essi assunsero una certa periodicità annuale (19-10-1972; Copenhagen, 14-12-1973; Parigi, 9-12-1974). È in tali occasioni che fu definita la cosiddetta irreversibilità della CEE — e cioè il 'principio politico' del 'non-ritorno' (indietro) della politica comunitaria. In tale quadro di sviluppo ed allargamento degli impegni assunti, si provvide a: rafforzare il potere finanziario della CEE (le cosiddette risorse proprie di cui al *Trattato di Lussemburgo* del 22-4-1970), ampliare la Comunità a tre nuovi Stati (*Trattato di adesione di Bruxelles* del 22-1-1972), determinare le basi dell'unione economica e monetaria (*Risoluzione del Consiglio dei Ministri* 22-3-1971), avviando alcune politiche anche non espressamente previste dal *Trattato di Roma*, ma possibili ex art. 235 del medesimo (politica regionale, dell'energia, dell'ambiente, degli affari esteri in materia economica internazionale)[16].

È, finalmente, nel 'Vertice' di Parigi del Dicembre 1974 che tale istituzione si trasforma nella veste formale, nella composizione e nei metodi di lavoro. Nasce il 'Consiglio europeo', tuttora esistente e funzionante secondo le disposizioni qui di seguito riportate:

« I Capi di Governo, riconoscendo la necessità di una impostazione globale dei problemi interni posti dalla costruzione europea e di quelli che l'Europa deve affrontare all'esterno, ritengono che occorra assicurare lo

sviluppo e la coesione generale delle attività della Comunità e dei lavori relativi alla cooperazione politica.
I Capi di Governo hanno, pertanto, deciso di riunirsi, accompagnati dai Ministri degli Affari esteri, tre volte all'anno e ogniqualvolta che risulterà necessario, come *Consiglio della Comunità* ed a titolo della cooperazione politica.
Il Segretariato amministrativo sarà assicurato in modo appropriato, tenuto conto della prassi e delle procedure in vigore.
Al fine di assicurare la coerenza delle attività comunitarie e la continuità del lavoro, i Ministri degli Affari esteri sono incaricati, in sede di *Consiglio della Comunità*, di una funzione di impulso e di coordinamento. Nella stessa occasione essi possono riunirsi a titolo di cooperazione politica. Queste disposizioni non pregiudicano in alcun modo né le regole e procedure stabilite dai Trattati né quelle previste dai rapporti di Lussemburgo e di Copenhagen, in materia di cooperazione politica. Nelle diverse riunioni menzionate nei precedenti paragrafi la Commissione esercita le competenze e svolge le funzioni che tali testi le assegnano ».
Passando all'esame di tale risoluzione si osserva il potenziamento ormai raggiunto dal *Consiglio della Comunità*, come centro effettivo di iniziativa e di indirizzo politico, nonché di impulso e di coordinamento, ed, infine, di potere decisionale. Tale trasformazione si è realizzata assorbendo le Conferenze al 'Vertice' nell'ambito del 'Consiglio europeo' ed assegnando al Consiglio dei Ministri degli esteri una posizione preminente rispetto al Consiglio in composizione ordinaria (Ministri a competenza settoriale). Per effetto di tale trasformazione i 'Vertici' cessano di essere conferenze governativo-ministeriali ed assumono una nuova identità formale, quella propria del Consiglio della Comunità in composizione *sui generis*: di esso fanno parte i Capi di Governo — anche se occasionalmente sono anche Capi di Stato, come accade per l'ordinamento francese —, accompagnati dai rispettivi Ministri degli Esteri e con riunioni periodiche nel numero di tre all'anno. Tale nuova identificazione comunitaria del 'Consiglio' consente, dunque, di rilevare come l'apparato comunitario di Governo si sia integrato ed allargato, anche se è fuori dubbio che il ruolo del 'Consiglio europeo' sia limitato all'indirizzo politico ed il 'Consiglio dei Ministri degli esteri' si occupi solo di impulso e di coordinamento, senza che il primo possa assumere le deliberazioni tipicamente previste per il Consiglio in composizione ordinaria e che il secondo possa decampare dalla materia politica a quella economica.
Si può ritenere, cioè, che il Consiglio europeo sia integrato nel Consiglio comunitario (come testualmente afferma la risoluzione del 1974) e che le sue attività non pregiudichino le procedure decisionali ordinarie, ma solo ne costituiscano il '*prius*' procedurale[17]. Tali attività, per la loro stessa natura politica, possono rinviare agli organi ordinari della Comunità per ulteriori studi ed approfondimenti — ed allora il Consiglio europeo 'invita', 'sollecita', 'incarica'), come possono contenere determinazioni a contenuto concreto, ma comunque non formalmente definite: così

è, ad es., per le decisioni del Consiglio europeo di Roma (1-12-1975) e di Bruxelles (1-4-1976), relative alla fissazione della data (poi rinviata) delle elezioni europee e del numero dei seggi del futuro Parlamento europeo, decisioni preliminari a quella formalmente assunta — e giuridicamente vincolante ai sensi del diritto comunitario — con l'atto relativo all'elezione dei rappresentanti nell'Assemblea a suffragio universale diretto (*Decisione del Consiglio della Comunità* 20-9-1976).

Risulta, per quanto appena detto, come l'allargamento della rappresentatività governativa nazionale nel Consiglio comunitario abbia sollecitato l'avvio di una analoga rappresentatività parlamentare nazionale nell'Assemblea comunitaria (cosiddetto Parlamento europeo). Stando al *Trattato di Roma* (art. 137 sgg.) la rappresentatività parlamentare nazionale era ed è da intendersi in modo molto ridotto e, comunque, diseguale rispetto a quella garantita ai Governi nazionali (delegazioni nazionali ristrette rappresentano i Parlamenti nazionali nell'Assemblea parlamentare). In realtà, la sovranità dei Parlamenti nazionali risulta salvaguardata rispetto alla costruzione comunitaria, per l'evidente impossibilità logica e giuridica di coinvolgerla, in quanto tale, nell'ambito di un qualche sistema diverso o anche superiore. Cioè, la sovranità è rimasta ben ferma nei Parlamenti nazionali (e nei popoli degli Stati nazionali), essendo inteso che le funzioni del Parlamento non possono essere oggetto di sdoppiamento mentre, al contrario, le funzioni governative possono esserlo, attraverso un raddoppio della struttura di governo nella sede del Consiglio comunitario. Per tali ragioni costituzionali ben si comprende perché mai siano, e restino, i soli Parlamenti nazionali gli unici controllori del Consiglio della Comunità, attraverso il sistema della fiducia parlamentare nei confronti di ciascun Governo nazionale; così come si comprende per quali ragioni l'Assemblea parlamentare europea difetti di rappresentatività democratica diretta, non eserciti poteri di controllo che nei confronti della Commissione comunitaria e non svolga che una modesta incidenza consultiva sul procedimento comunitario di deliberazione: tanto per la sua chiara non omogeneità rispetto ai Parlamenti nazionali[18].

Tale sistema non ha ben funzionato nella prassi. La legittimazione totale dei Parlamenti nazionali ad essere interlocutori dei rispettivi Governi — e quindi del Consiglio comunitario — non si è tradotta in analoga capacità di garantire il successo delle politiche comunitarie promosse da Capi di Governo e da Ministri nazionali riuniti nel seno del medesimo Consiglio. Tanto dimostra, ad es. lo scarso grado di realizzazione perseguito da alcune politiche, come quella dell'unione economica e monetaria (Risol. 15-2-1971). In secondo luogo, l'allargamento della rappresentatività dei Governi nazionali in sede di Consiglio comunitario si è tradotta in un parallelo svuotamento di potere della Commissione, con la conseguenza che lo stesso Parlamento europeo si trova in uno stato di malessere, non potendo esercitare il suo ruolo di controllo, ed in particolare la mozione di censura, nei confronti di un organo depauperato.

Di fronte a tale progressiva riduzione di capacità del sistema comunitario di

governo, lo stesso 'Vertice' dei Capi di Stato e di governo (poi Consiglio europeo), addivenne alla conclusione, prima, di un rafforzamento dei poteri dell'Assemblea comunitaria, e poi della sua legittimazione democratica mediante elezione a suffragio universale diretto. Sul rafforzamento dei poteri si pronunciò, in linea di principio, il Vertice di Parigi del 1972; sul principio della elezione diretta, invece, il Vertice di Parigi del 1974 (v. *antea*): il citato atto del Consiglio comunitario del 20-9-1976 ha stabilito le condizioni minime per tale elezione (atto ratificato dagli Stati membri della Comunità, l'Italia con Legge 6-4-1977 n. 150).

Quale il significato di tale elezione diretta dal punto di vista che ci riguarda, e cioè quello dell'allargamento progressivo della partecipazione statale alla Comunità europea? Il significato maggiore deriva, ci pare, dalla identità del processo di legittimazione democratica, che accomunerà Parlamenti nazionali e Parlamento comunitario. E ciò, nel senso specifico di una identità del processo elettorale, mediante il quale si raccoglierà il consenso popolare ed i partiti politici presenteranno programma e relative liste su tempi specificatamente europei. Come risultato finale, il Parlamento di Strasburgo risulterà formato da eletti dei popoli degli Stati membri e, non più, come ancora accade, da delegazioni ristrette dei Parlamenti nazionali.

È, in realtà, su tali premesse che si van formando le leggi elettorali nazionali per le elezioni europee[19], nonché distinte aggregazioni di partiti nazionali nel senso di formazioni politiche europee (i cosiddetti partiti europei)[20]. Quale sarà la natura del nuovo Parlamento europeo? Sarà eletto dai cittadini, ma non sarà né un'assemblea costituente né un'assemblea legislativa. Ma non sarà neppure un'assemblea 'internazionale', a rappresentanza indiretta e di secondo grado, come quella che già conosciamo. È difficile trovarle un termine di confronto storico: forse sarà una specie di 'Stati generali', analoga alle vecchie assemblee dell'Europa precedente alla Rivoluzione francese, allorché qualificate rappresentanze erano inviate al 'centro' per dare indirizzi politici sulle più importanti questioni del momento. Quale, altresì, la natura dei nuovi partiti politici europei (e, cioè, dei partiti nazionali riuniti in partiti europei)? Si registra la nascita di quattro partiti del genere: l'Unione dei partiti socialisti della Comunità europea (Aprile 1974); la Federazione dei partiti liberali e democratici della Comunità europea (Marzo 1976); il Partito popolare europeo: Federazione dei partiti democratico-cristiani della Comunità europea (Aprile 1976); l'Unione democratica europea (Unione dei partiti conservatori europei) (Aprile 1978). Restano al di fuori altri partiti nazionali — presenti però nel Parlamento europeo attuale — come i democratici europei per il progresso (i gollisti francesi) ed i partiti comunisti. Ora, come risulta abbastanza chiaro, questi partiti europei non rappresentano 'nuovi soggetti politici', e cioè 'nuovi partiti', con una propria autonoma base associativa distinta da quella dei partiti affiliati, né essi esprimono, ancora, una reale capacità di esprimere '*leadership*', indirizzo e controllo sulle dirigenze nazionali e sui quadri intermedi e locali.

Si tratta di 'partiti' in senso molto particolare: e, cioè, sono strumenti elettorali di soggetti politici preesistenti (i partiti nazionali), che però manifestano la volontà istituzionale di trasformarsi in reali 'unioni' o 'federazioni' di partiti, nella elaborazione di programmi elettorali europei e, poi, di indirizzi politici corrispondenti. Infine, terza ed ultima domanda: quale sarà la natura del sistema politico europeo, o del nuovo modello politico cui si ispirerà il Parlamento comunitario? La presenza nel sistema politico di tre grandi partiti 'storici' di sicura fede europeistica (socialista, liberale, popolare), dà credito sulla continuità e sul rinnovamento di una tradizione comune, fonte di valori che nel passato animarono la vita europea in diverse epoche, fino all'ultimo trentennio di vita comunitaria. Al di là del centro stabilizzante del sistema politico comunitario, esistono altre forze politiche, ancora a struttura politica nazionale, in passato rimaste estranee al processo di costruzione comunitaria ma, talora, dotate di recenti ideologie europeizzanti (dai partiti nazionalisti all''eurocomunismo'). Questi partiti, probabilmente, rappresentano la garanzia di un modello politico 'nuovo' rispetto al passato, su base 'bipolare' se non, addirittura, pluralistica.

Una volta realizzato il nuovo Parlamento europeo sarà possibile, anche, porre su basi concrete il problema del rafforzamento dei suoi poteri. Comunque, nella prima legislatura — a parte le competenze ordinarie previste dal *Trattato di Roma* — si prevede l'adozione di una legge elettorale uniforme — da valere per la seconda elezione europea (art. 138 co. 3 del *Trattato*). In secondo luogo si prevede il contributo parlamentare alla elaborazione di quel progetto di Unione europea — prevista fin dal 1972 —, già contemplato nel cosiddetto *Rapporto Tindemans* (Dicembre 1975)[21] rimasto senza seguito per difetto di vitalità politica del Consiglio Europeo dei Capi di Governo (malgrado le larghe consultazioni preliminari). A tal proposito, è stato lo stesso Parlamento attuale — in seno al progetto di elezione diretta — a sottolineare « la grande importanza di un Parlamento europeo eletto a suffragio diretto per la creazione dell'Unione politica prevista per il 1980 »[22], così confermando la necessità di allargare al futuro Parlamento la funzione 'costituente' della futura 'Unione europea'.

V L'ALLARGAMENTO DELLA PARTECIPAZIONE 'INTERNA' NELL'ORDINAMENTO COSTITUZIONALE ITALIANO: PARLAMENTO, GOVERNO, REGIONI - I PROBLEMI DELLA PARTECIPAZIONE FUNZIONALE AGLI ATTI DI INDIRIZZO, COORDINAMENTO ED ESECUZIONE

Abbiamo finora illustrato l'allargamento della rappresentanza 'esterna' dell'Italia in sede comunitaria, sia nel Consiglio dei Ministri che nel Parlamento europeo. In parallelo, bisogna ora illustrare l'allargamento della partecipazione 'interna' mediante la progressiva estensione delle competenze degli organi costituzionali nell'elaborazione democratica della politica comunitaria italiana. A questo proposito, è possibile distinguere

alcune fasi progressivamente delineatesi e compostesi fra loro in unità: *a*) ministeriale-governativa; *b*) parlamentare; *c*) regionale (non esiste ancora una fase elettorale, di impegno dei partiti politici e del corpo elettorale, per evidenti motivi, indicati nel paragrafo precedente).
La partecipazione sovrana dell'Italia — che è il corrispettivo delle limitazioni di sovranità — apparve fin dall'inizio della vita comunitaria, nel 1957, come caratterizzata da un duplice aspetto, esterno ed interno. Quello esterno si manifestò, subito, mediante la rappresentanza nelle istituzioni comunitarie, e cioè in quegli organi comuni che sono il Consiglio ed il Parlamento europeo. L'aspetto interno mediante l'adeguamento funzionale degli stessi organi italiani, che continuano ad essere tali, allorché elaborano l'indirizzo cui le rappresentanze ufficiali italiane si atterranno in sede comunitaria, e inoltre, organizzano l'applicazione del diritto comunitario nei settori di loro competenza.
In tale duplice senso, fin dall'inizio apparve dunque chiara l'esistenza di una duplice forma di partecipazione, una esterna od organica (delegazioni governative e parlamentari) ed una interna o funzionale (indirizzo ed esecuzione comunitaria dei vari organi italiani, ai vari livelli di competenza legislativa od amministrativa, con relativi problemi di coordinamento)[23].
Nella *prima fase* non ci si rese perfettamente conto della novità rappresentata dalla acquisizione dei compiti di partecipazione comunitaria, con particolare riferimento al ruolo del Parlamento e del Governo. Si ritenne, cioè, di seguire la tradizionale tendenza costituzionale seguita per tutti i trattati internazionali precedenti, per cui il Parlamento è di regola l'organo costituzionale competente ad autorizzare l'assunzione di obblighi internazionali che importino variazioni legislative, senza che appaia più necessario un suo intervento su quanto già deciso una volta per tutte: restando così limitata l'attività del potere legislativo ed assicurata mediante l'attività rappresentativo-esecutiva del Governo l'osservanza dei più svariati obblighi nascenti dai Trattati (art. 10-87 Cost.). Ripetere questo modello significava, in sostanza, dare 'carta bianca' al Governo in una materia enormemente ed incomparabilmente più vasta di quella solita dei Trattati internazionali. Nacque, così, il modello di partecipazione ministeriale-governativa, in virtù del quale il Parlamento si preoccupò soltanto di inviare una delegazione all'Assemblea parlamentare europea (delegazione non rinnovata fino al 1969): per il resto il Parlamento 'passava la mano' al Governo, forniva deleghe (Legge 4-10-1957 n. 1503, 13-7-1965 n. 871, 13-10-1969 n. 740): il Governo, od i singoli Ministeri, facevano la politica comunitaria dell'Italia e poi la eseguivano all'interno del Paese.
In tale prima fase si operò la concentrazione degli affari comunitari in sede governativa, mediante una progressiva specializzazione dei singoli Ministeri (in special modo quelli economici-sociali), che crearono nel loro seno apposite divisioni od uffici (Agricoltura, Industria, Commercio estero, Finanze, Bilancio, Lavoro, Trasporti). In pari tempo si provvide ad

un coordinamento fra i vari Ministeri interessati alla politica comunitaria, prima in sede di Presidenza del Consiglio (1-10-1960: Comitato interministeriale di coordinamento dell'azione internazionale in materia di politica economica), poi in sede di Ministero degli Esteri (Com. interm. di coordinam. per la CEE). Successivamente si passò ai Comitati interministeriali di settore (prima nell'ambito del Com. interm. per la programmazione economica: art. 16 Legge 27-2-1967 n. 48; poi con il Com. interm. per l'emigrazione: Legge 18-3-1976 n. 64; con il Com. interm. per la politica industriale: Legge 12-8-1977 n. 675; poi il Com. interm. per la politica agricola ed industriale: Legge 27-12-1977 n. 984). È sulla base di tali innovazioni organizzative che attualmente risulta meglio possibile la formazione delle delegazioni nazionali al Consiglio europeo, ai vari Consigli comunitari specializzati e del Comitato dei Rappresentanti permanenti, nonché la elaborazione di indirizzi coordinati da presentare in quelle sedi. Complessivamente risulta una forma di 'europeizzazione' della attività di Governo, come protagonista centrale della politica comunitaria dell'Italia e come regolatore permanente del rapporto fra sovranità nazionale ed integrazione europea. Il ruolo del Governo, che all'inizio era largamente unico se non esclusivo, nel corso del tempo si è andato riducendo; oggi si può parlare di un regime di cogestione, e non più di preferenza o di supplenza, rispetto alle altre competenze esistenti nel sistema costituzionale italiano. Però, di fatto, esiste ancora un ruolo centrale, perché di diritto la competenza a negoziare in sede comunitaria resta governativa e perché, di fatto, la politica europeistica continua ad 'appartenere' all'alta dirigenza ministeriale ed agli esponenti governativi.

La *seconda fase*, quella parlamentare, coincide con la riforma dei regolamenti della Camera e del Senato (15-2-1971). Con tali regolamenti il Parlamento passa da una funzione di neutralità ad una funzione di indirizzo politico. Ci si era progressivamente accorti che il processo comunitario si andava svolgendo al di sopra ed al di fuori del Parlamento, che il mercato comune determinava modifiche profonde della nostra legislazione, con un'ampiezza di discrezionalità politica non prevista e non prevedibile all'epoca dei Trattati di Roma. Di ciò ci si era già accorti in occasione dell'ultima delega concessa al Governo (nel 1969), con non poche resistenze, e, soprattutto, con l'introduzione di un criterio correttivo, il cosiddetto 'ritorno al Parlamento', in tutte le occasioni in cui la materia delegata al Governo sembrasse ad una Commissione parlamentare suscettibile di fuoriuscire dalla delega per essere oggetto di provvedimenti legislativi diretti[24].

I due suddetti Regolamenti prevedono che le Commissioni parlamentari provvedano all'indirizzo politico, rispettivamente, al Senato, la 'Giunta per gli affari delle Comunità europee' (art. 23) ed, alla Camera, le Commissioni ordinarie (art. 126), salva la costituzione di una Commissione speciale (art. 126 par. 2): tanto con riferimento alle proposte di iniziativa della Commissione CEE od alle materie iscritte all'ordine del giorno del Consiglio comunitario per la deliberazione. Gli stessi regolamenti stabiliscono che le Commissioni parlamentari ordinarie esprimano il loro in-

dirizzo, circa l'opportunità di iniziative legislative o governative, da prendere riguardo agli atti normativi delle Comunità europee (regolamenti, direttive, decisioni), già emanati e pubblicati sulla relativa Gazzetta Ufficiale (art. 144 Reg. sen. e 127 Camera). Non risulta, peraltro, che di tali nuovi strumenti parlamentari si sia fatto largo uso dopo il 1971: tanto, forse, per una certa disaffezione delle Camere rispetto alla materia comunitaria, cui, per una prevedibile ripresa di interessi, dovrebbero in parte supplire le previste elezioni del Parlamento europeo a suffragio universale diretto[25].

La *terza fase*, quella regionale, rappresenta il periodo di massima intensità del dibattito e di più forte ripresa di interessi comunitari dei partiti politici italiani. Il non-europeismo delle strutture politiche di base (corpo elettorale, autonomie locali) era stata la diretta conseguenza della natura 'internazionalistica' della Comunità ed era stata anche alla origine del largo disinteresse dei partiti politici italiani (v. *antea* par. 2). Ma proprio le strutture di base, in specie quelle territoriali, rappresentano un aspetto essenziale di quella visione 'federalistica' a tre piani (Organizzazioni internazionali — Stato nazionale — Regioni ed Enti locali), propria del pensiero politico italiano e presente nella Costituzione (art. 1 e 11). All'epoca dell'attuazione delle Regioni (decreti di trasferimento del 1972) si ritenne di non poterle coinvolgere nella attuazione (e tanto più nella elaborazione) della politica comunitaria italiana, ritenendo prevalenti le esigenze di unità, di indirizzo e di comportamento rispetto a quelle proprie dell'autonomia regionale. Contro tale tendenza si osservi che la limitazione di sovranità, conseguente alla nostra partecipazione alla CEE, oggettivamente non comporta una cancellazione degli equilibri tra istituzioni costituzionali, ivi comprese le Regioni con i loro poteri legislativi ed amministrativi nelle materie di rispettiva competenza (art. 117 sgg. Cost.). A parte tali motivi, si censurava l'avvenuta 'espropriazione' delle competenze regionali in materia comunitaria, lamentando di non poter tenere esclusa la classe dirigente, intermedia e locale dei partiti nei confronti della costruzione europea: anche perché la politica comunitaria incide per infiniti aspetti nella vita complessiva delle comunità locali (occupazione, mobilità del lavoro ed emigrazione, politica di sviluppo industriale ed agricoltura, ecc.). L'attuazione contrastata delle direttive comunitarie in materia di riforma dell'agricoltura rappresentò la prima occasione per un recupero di competenze regionali, allorché le Regioni rivendicarono con successo il loro 'diritto naturale' ad eseguire in modo diretto la politica comunitaria in un settore di interesse vitale per le medesime (Legge 9-5-1975 n. 153 e 10-5-1976 n. 352)[26].

A seguito di tali contrasti, nella recente Legge 22-7-1975 n. 382 e nel successivo D.P.R. 24-7-1977 n. 616 (art. 4 e 6) si è determinata una soluzione complessiva, abbastanza originale, dei rapporti riguardanti la partecipazione dell'Italia alla politica comunitaria dal punto di vista 'interno': *a*) la partecipazione delle Regioni all'indirizzo politico nazionale in materia comunitaria, mediante intese da convenirsi con il Governo;

b) l'attuazione di regolamenti e direttive della CEE in materie trasferite o anche delegate dallo Stato alle Regioni; *c*) il coordinamento fra attività statale ed attività regionale, sia con riguardo ad un meccanismo sostitutivo nell'ipotesi di inadempimento di queste ultime che comporti violazione di obblighi comunitari, sia con riguardo ad un'attività di indirizzo e coordinamento della Presidenza del Consiglio in ordine alla attività amministrativa regionale nelle predette materie. Tali meccanismi di coordinamento sono confermati di recente in tema di programmazione agricolo-alimentare (ad es.: l'art. 4 co. 2 della Legge 27-12-1977 n. 984, conferma che nell'ipotesi di mancata intesa con le Regioni provvede il Consiglio dei Ministri sentita la Commissione parlamentare per le questioni regionali; il D.P. Cons. min. 13-1-1978 delega al CIPE di valutare la compatibilità fra programmi statali e regionali in materia di miglioramento delle condizioni di trasformazione e di commercializzazione dei prodotti agricoli, ai sensi del D.P.R. n. 616/1977).

Conclusivamente, valutate insieme le suddette tre fasi di sviluppo dei modi di partecipazione alla politica comunitaria, pare acquisita la novità del coinvolgimento del Parlamento e delle Regioni ad una politica 'governativa' che, altrimenti, potrebbe svolgersi nell'indifferenza o, peggio, essere contrastata in varie sedi. Si è parlato anche, a tale riguardo, di una 'via italiana' — parlamentare e regionale — all'europeismo comunitario. Via che, ci pare, rappresenta un modo per rendere effettiva quella mobilitazione elettorale, senza di cui le elezioni europee potrebbero risolversi in un'occasione emotiva o pregiudiziale, comunque scarsamente motivata e non suscettibile di attivare o ripristinare nuovi dibattiti politici[27].

M. P.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 I punti fermi ci paiono due: la sentenza della Corte Cost. 27-12-1973 n. 183, che ha riconosciuto la costituzionalità del processo comunitario in corso; la convergenza progressiva all'incrocio comunitario della politica 'interna' ed 'estera' delle istituzioni, dei partiti, dei sindacati, che cancellano progressivamente antiche distinzioni e promuovono il superamento di rigide distinzioni fra discipline scientifiche 'costituzionalistiche' ed 'internazionalistiche'.

2 V. la ricostruzione storica contenuta in PANEBIANCO, *Dalla Società delle Nazioni all'ONU*, Napoli, 1977.

3 V. i lavori della Commissione sui *Rapporti internazionali dello Stato nella Costituzione italiana*, 1° Sottocommissione del Ministero della Costituente, in *Riv. dir. internaz.*, 1977, p. 334.

4 Per la ricostruzione storica v. PANEBIANCO, *Il mercato comune europeo*, Napoli, 1977.

5 V. in particolare la monografia di PAPISCA, *Comunità europea e sviluppo politico - Contributo all'analisi del sistema comunitario europeo*, Reggio Calabria, 1974.

6 V. STURZO, *La Comunità internazionale ed il diritto di guerra*, Londra, 1928 (1954); DE ROSA, *Luigi Sturzo*, Roma, 1977.

7 V. PROUDHON, *Du principe fédératif*, 1863 (Paris, 1959, nella collezione *Oeuvres complètes*).

8 Le origini del federalismo italiano si fanno risalire all'ormai famoso messaggio di Spinelli e Rossi del 1942 (Manifesto di Ventotene): v.lo in DUCCI-OLIVI, *L'Europa incompiuta*, 1970, p. 68.

9 Esponenti di spicco del movimento federalista, sia pure di origine diversa, furono: CALAMANDREI, *Scritti politici*, a cura di BOBBIO, Firenze, 1966, Vol. I, 2°, p. 407 sgg. ed EINAUDI, di cui v. vari scritti: *La guerra e l'unità europea*, 1948, part. p. 35 sgg.; *Lo scrittoio del Presidente*, 1956, p. 62 sgg.; *Il buon governo*, 1973, p. 633 sgg. V. anche BOBBIO; *Il federalismo nel dibattito politico e culturale della Resistenza*, in *L'Italia e l'Europa*, 1975, p. 19 sgg.

10 Tesi specificamente sostenute nel 1957 dal Partito socialista in occasione della adesione italiana al MEC (v. LOMBARDI, *Scritti politici*, 1978, Vol. I, p. 279 sgg.

11 Tesi specificamente sostenute dal PCI in occasione della sua adesione all'europeismo comunitario: AMENDOLA, *I comunisti italiani e l'Europa*, Roma, 1971. (Nello stesso anno un convegno del CESPE dallo stesso titolo).

12 Sull'atteggiamento complessivo delle forze politiche italiane: WALKER, *Dal confronto al consenso - I partiti politici italiani e l'integrazione europea*, Bologna, 1976; ROY WILLIS, *Italy Chooses Europe*, New York, 1971; IRVING, *Italy's Christian Democrats and European Integration*,

in *International Affairs*, 1976, p. 400 sgg.; ID., *The European Policy of the French and Italian Communists*, in *International Politics*, 1977, p. 404 sgg.; LEONARDI, *L'Europa ed il movimento socialista*, 1977.

13 Su tale schema istituzionale v. per tutti MONACO, *Lezioni di organizzazione internazionale - Diritto dell'integrazione europea*, Torino, 1975.

14 Per tali vicende v. OLIVI, *Da un'Europa all'altra*, Milano, 1973. E, più specificamente, per la revisione del modello di governo comunitario: PANEBIANCO, *Il mercato comune europeo (lezioni, testi e documenti)*, Napoli, 1975, p. 65 sgg.

15 Per ulteriori indicazioni, anche bibliografiche, v. PANEBIANCO, *op. cit. ult.*, p. 79 sgg. con riproduzione del testo dell'accordo. Si precisa che l'accordo risulta ancora in vigore, esteso, per espresso richiamo, anche agli Stati entrati successivamente nella Comunità (Gran Bretagna, Irlanda, Danimarca).

16 Per la storia dei 'Vertici' e per i progressi determinati nelle singole politiche comunitarie, anche al di là delle prescrizioni del *Trattato di Roma*: rispettivamente, i nostri scritti già citati (ed. 1975, p. 87 sgg., ed. 1977, p. 101 sgg.).
Bisogna aggiungere che la *Risoluzione finale* del 'Vertice' di Parigi del 1974 specifica meglio anche alcune competenze del Comitato dei Rappresentanti permanenti, nella sua capacità rappresentativa delle « posizioni nazionali sugli affari europei », fatta salva la competenza a decidere del Consiglio dei Ministri sulle « questioni più importanti ». La stessa *Risoluzione* auspica ancora che il Consiglio faccia più largo uso del potere di delega alla Commissione in merito alla esecuzione-gestione dei regolamenti, direttive ecc. ex art. 189 del *Trattato* (ed art. 155 al 4).

17 La tesi della identificazione comunitaria del Consiglio europeo fu sostenuta dallo scrivente nei citati studi (ed. 1975, p. 136 sgg., ed. 1977, p. 30). La stessa tesi, ma con la variante di considerare il Consiglio europeo competente ad assumere poteri decisionali, si trova in BLUMANN, *Le Conseil européen*, *Riv. trim. droit européen*, 1976, p. 1 sgg. Nel senso, invece, della estraneità del Consiglio alle Comunità europee v. STARACE, *Il Consiglio europeo*, testo Conferenza del 1977 in corso di stampa.

18 Per una efficace messa a punto di tali problemi costituzionali e comunitari v. la *Relazione del gruppo ad hoc per l'esame del problema dell'ampliamento delle competenze del Parlamento europeo (Relazione Vedel)*, in *Supplemento al Bollettino delle Comunità europee*, 1972/4 (con palese constatazione del metodo di coordinamento fra Parlamenti nazionali e Parlamento europeo).

19 V. TROCCOLI, *L'elezione a suffragio universale diretto del Parlamento europeo*, in *Riv. trim. dir. publ.*, 1977, p. 1535 sgg.; TRAVERSA, *L'elezione del Parlamento europeo a suffragio universale e la legge elettorale italiana*, *Ibidem*, p. 1577 sgg.

20 Su questi temi la serie di monografie e studi di PAPISCA: *Comunità europea e sviluppo politico*, Reggio Calabria, 1974; *Europa '80: dalla Comunità all'Unione Euorpea*, Roma, 1975; *Comunità europea: dal consenso permissivo alla partecipazione politica*, in *Riv. ital. scienza politica*, 1976, p. 289 sgg.; *Il 'fronte dell'Europa': contributo all'analisi dei partiti politici europei*, Torino, 1977 (in corso di stampa).

21 V. *Rapporto sull'Unione europea*, in *Supplemento al Bollettino delle Comunità europee*, 1976/1.

22 PARLAMENTO EUROPEO, *Progetto di convenzione e motivazione*, p. 33.

23 Per un primo inquadramento logico-normativo di tali problemi v. il nostro scritto: *Integrazione comunitaria dell'Italia e riordinamento dei poteri costituzionali*, in *Studi di diritto europeo in onore di R. Monaco*, 1977, p. 535 sgg.

24 *Resoconto* del dibattito al Senato in *Riv. dir. int. priv. e proc.*, 1969, p. 850 sgg.

25 V. MANZELLA, *Il Parlamento*, 1977; CHIMENTI, *Un bilancio dei primi anni di attuazione del nuovo regolamento del Senato*, in *Politico*, 1977, p. 405 sgg., p. 417 sgg.

26 V., su tale controversa materia, nella abbondante pubblicistica, il documento: *Le Regioni e la revisione della politica comunitaria*, in *Città e Regione*, 1977, p. 297 sgg.

27 Sul rischio di un approccio emotivo, di vecchi temi artificiosi ed astratti, pro e contro la sovranità nazionale: v. una rassegna della dottrina e del dibattito svoltosi in Francia, in occasione della ratifica dell'atto relativo alla elezione a suffragio universale: VOLPE, *L'elezione del Parlamento europeo al vaglio del 'Conseil Constitutionnel'*, in *Il Foro Italiano*, 1978, IV, p. 36 sgg. In una visione ortodossa e tutta incentrata nella prospettiva comunitaria v., fra i tanti, espressione di una letteratura politica di occasione: BIBLIOTECA DELLA LIBERTÀ, *Verso un Parlamento europeo*, 1977, n. 64.

VIENT DE PARAÎTRE

INDEX GENERALIS 1907-1975

de

SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique

Présenté par le Professeur Giuseppe Montalenti de l'Institut de Génétique, Faculté des Sciences de l'Université de Rome.

L'Index Generalis compte 100 pages. Dans cet Index son groupés plus de 3.500 articles de scientifiques du monde entier publiés par Scientia pendant 70 ans - presque une histoire de la pensée scientifique de notre siècle.

Les principes suivis dans la rédaction de cet Index sont expliqués dans une Legenda qui précède le volume.

L'élaboration des données a été confiée au CNUCE, Institut du CNR.

Prix du volume: Europe 4.000 lires, autres Pays $6.00

Adressez vos demandes à:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Italian Democracy and Community Democracy

MASSIMO PANEBIANCO
Università di Salerno

A CHAPTER OF ITALIAN CONSTITUTIONAL HISTORY: ART. 11 CONSTITUTION AND EUROPEANISM - I

In the various member States of the European Community there is always a 'constitutional' norm underlying and authorizing this politico-juridical construction. For Italy there is the broad and generic norm that figures in Art. 11 of the Constitution, which reads as follows: « Italy ... gives her consent, under conditions of parity with the other States, to the limitations on sovereignty necessary for the setting up of a framework that can provide assurance of peace and justice between Nations; Italy encourages and favours international organizations that have these declared aims ». It is on the basis of this norm that the laws were enacted ratifying and carrying out the treaties that established the ECSC, the EEC and EURATOM, as well as the later amendment and integration measures.
Precisely by virtue of its broad genericity the norm that figures in Art. 11 Const. embraces widely differing types of international organizations: from universal organizations (UNO and its specialized institutions), to 'regional' organizations (NATO, OECD, Council of Europe, OEU) to European communities in the strict sense of the term ('supra-national' communities). Because of these characteristics the norm lends itself to a multiplicity of 'political' uses, according to the different types of organizations and the concrete historical development of each one. The history of the European communities — and in particular of the EEC — appears to be the most significant of all, since it has given rise to the most far-reaching and lively political-cultural debate on the consequences of Art. 11 of the constitution that has ever taken place in our country.
While it is true that this continuing debate has come to a stall on several points[1], it nevertheless seems to us that the question is still wide open, on account of the very extensiveness and graduality of the ongoing politico-constitutional process. Drawing conclusions would certainly be premature. But we feel that sketching the general outline of such an appealing and as yet so incomplete chapter of Italian constitutional history can make a contribution towards clarifying all further developments of Europeanism.

LIMITED SOVEREIGNTY AND SOVEREIGN PARTICIPATION IN THE CONSTITUENT ASSEMBLY - II

The above-mentioned norm of Art. 11 Const. is divided into two clearly separate parts: *a*) The Italian State defines itself as a 'Limited Sovereignty State' when it expresses its fundamental consent to international systems distinguished by the threefold characteristic of being 'equalitarian',

'peaceful', 'just' (as well as having 'social' aims, i.e. directed towards « affirming and regulating labour laws », as further stipulated in Art. 35, subsection 3 Const.);
b) The Italian State further defines itself as 'encouraging and advocating' the corresponding international organizations which are directed towards these ends, namely, towards organizing its sovereignty internationally with a view to the three ends described above.
It clearly emerges that the content of this norm is prevailingly negative ('limitations on sovereignty') and formalistic ('encourages and favours'). But it gives no positive indications of the measures adoptible for the circumscription of Italian sovereignty nor of the limits within which the encouragement given to international organizations can be positively brought about. What this means is that it is left up to the overall logic of the constitutional system (and its history) to establish how a State that is thus defined can at the same time also be the guardian of its own sovereignty and of the forms through which popular rights pertaining to the latter are exercised (Art. 1, 3, 5 Const.).
It is not from the text of the constitution but rather from the constitutional ideologies of the parties operating in the Constitutent Assembly that the greatest insight can be gained concerning the means of coexistence between « popular sovereignty » (Art. 1 Const.) and « limited sovereignty » (Art. 11, first part), and between « popular participation » (Art. 3 and 5 Const.) and the activity of 'encouraging and favouring' international organizations. The question should be approached through a historical investigation based on an analysis of the documentary sources of the period. The object of this investigation will be the theory of international and State organization, as reflected in the political-juridical thought of the Constituent Assembly.
At the time of the Constituent Assembly there already existed international organizations and the idea of European organizations had already been put forward[2]. UNO already existed (from 1945 on) and some of its specialized institutions were already operating. These were to act as the springboard for rebuilding the international economic and social order in the postwar period. From this point of view, Italy was more or less 'naturally' headed towards an international 'policy' of politico-economic-social cooperation which appeared to be uppermost in international affairs and was being followed by other Countries in the same period, with constitutional commitments similar to the Italian arrangement[3]. Furthermore, at the time of the Constituent Assembly there was already in the air a strong revival of the idea of Europe and of the European politico-economic tradition, as the official line of States and Governments as also of the political forces working within parties[4]. Churchill had already mentioned the paths of 'European Union' in his famous speech at the University of Zurich (14.5.1947), while General Marshall had launched the idea of the great reconstruction plan from which arose the first postwar European organization, the OEEC (5.6. 1947). Faced with this twofold orientation, the attitude of the Italian parties present at the Constituent Assembly is readily understandable: they were appealing to the best tradition of Italian political thought to repudiate the nationalism of the fascist period, to follow a policy of international collaboration to which there were no other alternatives and at one and the same time to make an original contribution to political thought.
The political and ideological tendencies of the major parties of the time can be systematically reduced to four, in the way they derived from the Italian tradition and had matured through the ideological opposition to Fascism carried on within Italy and in particular from outside the country.

a) *The Democratic-Liberal Tendency*
This was widely and diffusely represented and can be said to have expressed the common ground of all the parties, a kind of state of consciousness of public opinion, an

idea filtered diplomatically into international circles.

According to this tendency a two fold operation was to be mounted, with both parts parallel and simultaneous: *limitation* of the sovereignty (this being otherwise absolute, full and complete) of the State; progressive transference (or decanting) of the sovereign *participation* of the people into the international (and above all European) organizations, into the institutions that represent the people and into the democratic values the latter expresses. As for the classical European society, it was hoped that: it would continue to be an equalitarian society of States (and peoples), founded on peaceful coexistence, grounded in consensus, and that it would become an increasingly organized society (as was in the tradition of the European Concert and the League of Nations). But a statalistic society was felt to be no longer acceptable, where governmental mechanisms are based on the political equilibrium and entrusted to the tender mercies of diplomats, and to the mercantile transactions of an entrepreneurial class linked to the uncertain solidarity of so-called international trade.

Instead, the hope was to achieve the total transfer of the values of democracy from the domestic stage to the international one, according to the following ideal criteria:

Pacifism, understood as a total guarantee of fundamental rights and freedoms throughout the whole experience of mankind, without any boundaries, and as the actuation of representative democracy, of wise government and of jurisdiction beyond the bounds of the legal system of the State up to the level of the international (European) unions (or else federations);

Free trade, understood as the doctrine and practice of free exchange, susceptible of taking on an important function of integration of the national markets within wider and higher units (free exchange areas, customs unions, regional areas, economic unions);

Functionalism, understood as a phase of transition to federalism, in restricted sectors of integration progressively widened and connected up, so as to reach the point of envisaging a union constructed above and independently of the existence of the States as distinct political entities (the 'sector by sector approach' theory and 'spill out' effect)[5]. In fact, it was precisely this particular tendency which was to be realized in the forms of 'functional' integration of the European Communities and their respective forms of government, characterized by the presence of authorities or elite 'technocratical' or 'burocratic bodies', whose task was to see to the establishment and functioning of the international markets (for example the High Authority in the coal and steel market, later the Commission in the 'common' market).

b) The Christian-Democratic Tendency

This tendency was also deeply rooted and extensive, for it comprised Catholic political doctrine on the international community, the political thought of the erst-while Italian Popular Party (filtered by the meditations of its founder L. Sturzo during his twenty-year exile in Paris, London and New York), as well as the independent elaborations of the local groups (from Milan, Florence and Bari) of the new party of 'Christian Democracy'[6]. The tenets of the tendency were that the evident crisis of liberal nationalism made it necessary to no longer place confidence in the universal freedom of trade as the primary unifying factor of Europe; furthermore, this crisis made it imperative to avoid relying on an updated version of the traditional governmental structures of Europe, i.e. the 'Concert' of Assemblies and Councils, and to take up a cautious attitude towards the new forms of government of the States where the economy was concerned and, more specifically, towards the authorities of the 'functional' government of international economy[8].

There was, instead, the desire for the recognition of an international — universal or regional — community as a body that was higher than, independent and distinct from the individual component States. And

it was thought that this result could be achieved by means of the following ideal criteria:

Universalism, understood as a unitary vision of mankind or of the various peoples that make up the human race. If follows from this unity that mankind cannot but be 'one', that is, an 'all-embracing society' that can be reduced to a series of social parts each one distinct and autonomous, or of peoples to whom a variety of designations are given according to their forms of organization (Nations, States, Kingdoms, Republics, etc.). This view has it that mankind tends to organize itself into forms of international unity according to a hierarchy of institutions variously denominated in history, of varying extension and power, going from the '*Res publica christiana*' of the medieval Papacy and Empire to the Europe of the Concert, to Panamericanism, to the Commonwealth, to the League of Nations and the United Nations, all of which are forms of universal (or regional) government.

Pluralism, understood as a specific form of Catholic political doctrine and of its criticisms levelled at the liberal doctrine of national and international society. Catholic universalism — that which was mentioned above — is by no means populated only by States or Unions of States, nor does it believe that the pluralism of modern States makes these 'perfect' societies, or that their political equilibrium is the '*fundamentum christiani orbis*'. In the unitary dimension of the universal community — where the medieval model wins out over the modern one — the community not only preserves a unity of its own superior to that of the individual political units, and a vocation superior to that of the regions of the old and new world (Europe-America etc.), but it actually directly challenges the States' claim to be the supreme — or sovereign — instance with respect to the life of individual human beings. Indeed, Catholic social doctrine holds that state society is not *the* society but one of the possible forms in which personal life is lived out: more precisely, it is an intermediate form between the plurality of basic social and political communities (family, school, job, commune, region) and the all-embracing society representing the sociological (natural) unity of mankind.

Gradualism, understood as the specific form of hierarchical organization taken by pluralism, inasmuch as there is a necessary distinction of the various communities and of the powers of the respective authorities. They are to be integrated according to the criterion of specialization and suppletion. Thus, in an integrated vision, they become completed in a common requirement of 'service' to the individual in the various moments of his political-economic-social life (subsidiariness criterion).

c) The Radical (Federalist) Tendency

This was present above all in the Action Party and in the socialist (non-Marxist) oriented left. The orientation of nineteenth century French socialism should not be forgotten[7], which was decidedly federalist, for this tendency held that federalism — rather than democratic or socialist nationalism — was the best political formula to unite freedom and authority, self-management on the part of producers and economic planning. This tendency held, moreover, that economic federalism is not necessarily the premise for political federalism, and that on the contrary the constituting activity is preliminary, entrusted directly to the people through the direct election of its European representatives[8].

The characterizing criterion of federalism, which is also the motive that led its adherents to go beyond the 'Action Party'[9] was:

Parliamentarianism, understood as the objective need to overcome both nationalism and national sovereignty. Only through a progressive dissolution of individual sovereignties could a representation be achieved that was proportional to the consistency of each people (popular representativity), open to varieties of organic collaboration, and expressed in a common Parliament, where

voting is carried out according to majority criteria rather than according to international consensus (parliamentary majority).

d) The Marxist Tendency

In this tendency two trends were manifest: a socialist one, closer to the federalism of the Action Party, and another one, a communist one, more closely linked to socialist internationalism (in the version of the Third International). In other words, it was precisely the communists who expressed a preference for a system of universal organization (of the UNO type), such as would not create regional (or sub-regional) discriminations in Europe at the expense of the young socialist democracies, which happened to be the eastern European ones. In any case, a fairly new party such as the communist party — with a relatively weak electoral position — could hardly look favourably on a decentralization of the power of the Italian state towards organisms of a federal type.

Nevertheless the Italian worker parties, as mentioned, had expressed an internationalistic choice according to the following criteria:

Anti-capitalism, understood as a specific doctrinal expression of Marxism that is aimed at countering the postwar international capitalistic expansion by means of participation in adequate instruments of control of the economy and more in general of the activity of national firms on wider markets[10].

Socialist internationalism; understood as the specific form of solidarity between worker and Marxist parties, both informed by the common ideology of the 'national roads to socialism'. This ideology, which already existed in a generic form at the time of the Constituent Assembly, has recently undergone an evolution within the western communist parties, thus laying the bases for a specific favourable attitude towards Europeanism. The evolution has brought with it the possibility of reviving the cultural and theoretical tradition of Europeanism, reconciling it with the 'Marxist' tradition, so as to achieve an active presence in the organisms of community government (which it was hoped would be subject to progressive democratization and would take more efficient measures in the management of the economy). It is on the basis of these premises that the PCI was to participate in the affairs of the European Assembly in Strasburg (but only as from 1969), thus bringing to a close its twenty-year-long opposition to the European organizations and to the European communities themselves[11].

THE NATIONALISTIC TRANSFORMATION OF LIMITED SOVEREIGNTY AND OF SOVEREIGN PARTICIPATION ACCORDING TO THE EEC TREATY AND COMMUNITY PRACTICE - III

When the *Treaty of Rome* — which set up the EEC — was signed in March 1957, it was clear that here was the most notable actuation of Art. 11 so far realized, both as far as the extensiveness of the subject-matter regulated was concerned, as also in the extent of the powers conferred on an institutional apparatus able to give orders not only to the state organs but equally well to the citizens themselves ('supranational' organization). The attitude of the Italian parties was not vastly different from what it had been at the time of the Constituent Assembly: the by now central and determining role of the government majority party (Christian Democracy), the participation of the Liberals in the governmental coalition, the active abstention of the Socialists (who later themselves became a governmental power in the 'sixties), and the still protracted opposition of the Communists[12].

The model that was realized corresponded essentially to the democratic-liberal project conceived at the time of the Constituent Assembly. The other projects were not respected or were hedged. Christian-Democratic universalism faded when faced with the real division of the world and of postwar Europe into two opposing 'blocks': and this despite the fact that the *Treaty* proclaimed its desire to lay « the foundations for an increasingly close union between the European peoples », to « eliminate the bar-

riers that divide Europe », to contribute to the « gradual suppression of restrictions on international exchange », as well as to confirm « the solidarity that links Europe to overseas Countries » (*sic!*), with the aim of « ensuring the development of their prosperity in conformity with the principles of the United Nations Statute » (see the *Preamble* to the *Treaty of Rome*, 25.3.1957). There remained the appeal, somewhat generic, to « the other peoples of Europe, inspired by the same ideals », who were urged « to associate themselves with their efforts » (*ivi*). Likewise and at the same time, the Christian Democratic project of a community founded on political and social pluralism faded, since the intent was to stay within the bounds of the construction of a European society of « peoples » (as the *Preamble* says) rather than of « States » (as the rest of the *Treaty* indicates further on). Concomitantly, the related idea of a three-level community — Communities, States, Local Authorities — also faded, because of the crucially non-political but instead economic nature of the community itself. Briefly speaking, the abandonment of the European defense community EDC and of the workings of the European Political Community (1954) marked the end of the Christian Democratic project: the 'revival' constituted by the economic Community, although clearly no longer politically minded, thus represented a means to continue working on the 'question' of Europe without leaving the matter to fend for itself. Together with the downfall of the Christian Democratic project, and more or less as a consequence of this fact, the radical (federalistic) project also faded into the background, a project which was linked to the idea of the political constituent assembly just as the Marxist one was, and further to the anticapitalistic and international-socialist stand (right up to the 'homecoming' of the socialist and communist parties).

It was, then, the democratic-liberal project that had the upper hand. The project was aimed towards the three objectives of pacifism, free trade and functionalism (as described above). Let us see how these ideals translated into reality.

Union between the peoples of the Community was expressly anchored to « economic and social progress », i.e. to the « improvement of living and work conditions ». And in order to achieve this end, the proposal was to widen the dimensions of individual economic and social freedoms, as guaranteed by the States (free circulation of goods, people, firms and capital in the common market area); moreover, the idea was put forward of a unitary nucleus of economic and social policies in the attempt to « ensure harmonious development, by reducing the disparities between the different regions and the backwardness of the less favoured ones » (industrial, agricultural and social policy coupled with general commercial and economic-monetary policies). Briefly speaking, the EEC *Treaty* intended to write a modern « Charter of the fundamental freedoms and economic-social rights of community citizens » through the regime of the four « freedoms of circulation » and of the « economic-social » rights guaranteed by the various community policies (see Art. 1-3 of the *Treaty*).

Together with the two objectives of pacifism and free trade, on the institutional level a specific community ideal was also put forward. In what way? Through the combination of two principles, that of internationalism and that of (supra-national) functionalism. For the institutional equilibrium of the community model of government is, indeed, founded on distributing the (inter)-national element, which is represented by the Council of Ministers (invested with power of decision) and by the Parliamentary Assembly (invested with power of political control) around the supra-national power, which is represented by the Commission (invested with power of initiative and execution) and by the Justice Court (invested with power of jurisdictional control). As can be seen, this state of affairs reserves the most important powers of decision (and of mediation of interests) for an interstatal organ, formed of Ministers of National Gov-

ernments, and entrusted with the task of deliberating on questions of general economic-social policy. Over the Council, the Parliamentary Assembly of the EEC, formed of delegations from the national Parliaments, exercises none of the classical parliamentary functions, but instead only has the power to give a general political orientation and to exert control over the 'supranational' organ, the Commission. The latter, with members independent from the national Governments, in its turn represents a 'technical' organism, endowed with efficacious powers of initiative with respect to the Council and invested with the power of enacting the deliberations of the latter (regulations, directives, decisions etc. according to the list in art. 189 of the *Treaty*)[13]. From an institutional point of view too, then, the demise of the political nature of the CEE when compared with the constitutional models clearly emerges. No Superstate or Constitutional Union, but only an international organization, even if developed and articulated. No politically based Union, but a European society of entrepreneurs, which requires no forms of general political representation but only forms of ministerial or technical bureaucratic representation, in the absence of a genuine parliamentary representation that would be the expression of a popular mandate in the strict sense.

However, the institutional model founded on the predominant power of the pair Council-Commission (the so-called Community executives) has undergone profound transformations, which have changed its nature in a nationalistic direction. Namely, after 1957, the 'executive' couple governed as such only in the first phase of actuation of the common market; then it reinforced the position of the Council through the creation of a new dependent organism with a stable function and entrusted with the task of fact-finding, the so-called Committee of Permanent Representatives of the National Bureaucracies (Heads of diplomatic missions in Brussels). Another development within the pair of 'executives' has been the parallel process of nationalization of the deliberation procedures — no longer based on a majority criterion but rather on a consensus — as also a parallel decrease in the powers of initiative of the Commission, which latter have been progressively eroded in favour of the Council of Ministers (and of the permanent Representatives).

This nationalistically oriented transformation of the original formula of community government is a response to the ideology of a 'Europe of Fatherlands', which was essentially launched in the 'sixties (European policy of the 5th French Republic and Gaullism, understood as a policy of strict protection of national interests within the framework of community policy)[14]. The change of political climate in a nationalistic direction led to a new conception of 'limited sovereignty', understood as a limitation by mutual consent no longer to be effected once and for all by means of the treaty, but instead to be brought about case by case through individual acts of renouncement. The result of this was first and foremost a modification of the institutional relationship between the members of the Council, and the so-called 'synchronization' method came to be generally accepted, aimed at actuating the *Treaty* of Rome no longer according to the calendar indicated in the *Treaty* itself, but rather by identifying only those 'subjects' that could give a guarantee of immediate reciprocity of sacrifices and of advantages for each member State as being mature for decision. Not only was the progress of common policies deprived of all automatic content, but also the method of collective diplomatic negotiation between member States was introduced as the predominant one, and furthermore things went as far as devoiding of legal efficaciousness the power of initiative of the Commission. This initiative, which was evidenced in 'proposals' submitted to the Council for deliberation, ended up deferring to the notion of balancing debits and credits, and later was itself stymied and swept under the carpet by the punctilious and jading negotiations, in which it was evaluated not on its technical merits or as regards its safe-

guard of community interests, but instead as regards its global capacity to satisfy all the interests of the member States, whether or not such were foreseen by the *Treaty of Rome*.

This nationalization of the voting procedure in the framework of the Council was formalized in the so-called compromise of Luxemburg of January 29th. 1966. The Foreign Ministers of the member Countries met in Luxemburg (not in Brussels), where a special meeting of the Council was held, in the absence of the Commission, which was not invited to preside over the meeting. The final agreement, which was never published in the *Official Gazette* of the Community, was a sort of Community '*entente*', or declaration of intention on the part of the States, concerning their future attitudes in voting procedures and with regard to the initiatives of the Commission. Basically this was a tacit modification of the Treaty, establishing that the Council would remain the seat of diplomatic negotiations upheld by the rule of unanimous agreement, and would never become a real 'European Government' upheld by the majority which prevails over the dissenting minority. In contrast, then, with art. 148 of the *Treaty* of Rome, an extremely vague formula was agreed upon, whereby majority rule would have to give way to the search for a solution acceptable to all the members of the Council every time « very important interests of one or more member States » were at stake. Apart from the extreme difficulty of defining first the importance of interests and then above all, the *quis iudicabit* of said importance, there remained the further proviso that « when it is a case of very important interests, discussion is to proceed until unanimous agreement is reached »[15].

THE BROADENING OF NATIONAL PARTICIPATION WITHIN THE COMMUNITY: THE EUROPEAN COUNCIL AND THE DIRECT ELECTION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT - IV

The 'compromise' of Luxemburg of 1966 marks at one and the same time a definitive cessation of the 'supra-national' method and the beginning of an irresistible rise of the 'international' method. The Commission was removed from its technocratic isolation ('Eurocracy') by means of the reinforcement of the national bureaucracy present in Brussels in the 'Committee of Permanent Representatives' (which was formally instituted by the treaty of Brussels on April 8th. 1965, but became law on July 7th. 1967). Arm in arm with this phenomenon went a gradual amplification of the presence of national governments in Brussels (and hence an increase in what we may call Italy's 'external' participation in the workings of the organs of community government).

And indeed, the Council of Ministers — roughly analogous to a national Council of Ministers — does correspond to the dictates of democracy, for in the overall picture each Minister is subject in his home country to the control of the national Parliament and furthermore to the criteria of collegiality or unity of political orientation, which are guaranteed by the Prime Minister or the Head of the Government. The extension of this governmental formula to the community level did not come about without difficulty. For it was realized that the Community Council could become transformed into an overall institutional mechanism for the representation of national interests on all levels, from that of Ministers to that of Heads of Government. Otherwise the Council's actions would be '*capitis deminuta*', entrusted as they were to Ministers in charge of specific sectors (finance, agriculture, transport, labour, etc.), who were required to arbitrate between the demands of the European bureaucracy (the Commission) and the various national bureaucracies (Committee of Permanent Representatives) by means of a preliminary mediation (Art. 145 ff. of the *Treaty of Rome*).

In this manner the practice of the so-called 'Summits' of Heads of State and of Government came into being. These 'summits' were fairly discontinuous during the transitory period of the establishment of the Common Market (1958-1969: Paris, 10.2.

1961; Bonn, 18.7.1961; Rome, 29.5.1967; The Hague, 1.12.1969); then they took on a certain annual periodicity (19.10.1972, Copenhagen 14.12.1973, Paris 9.12.1974). It was in the course of these meetings that the so-called unreversibility of the EEC was defined, that is, the 'political principle' of 'no turning back from community policy'. Within this framework of development and wider commitments, steps were taken to: reinforce the financial power of the EEC (the so-called resources belonging to the community mentioned in the *Treaty of Luxemburg* of April 22nd. 1970), to extend the Community to three new States (*Treaty of Adherence of Brussels*, January 22nd. 1972), to establish the bases of economic and monetary union (*Resolution* of the Council of Ministers, March 22nd. 1971) by policy measures not expressly mentioned in the *Treaty of Rome*, but allowed ex art. 235 of this treaty (regional policy, energy, environmental policies, international economic foreign policy)[16].

Lastly, it was in the Paris 'Summit' of December 1974 thatth is institution was transformed in its formal investiture, in its composition and methods of carrying out its affairs. The 'European Council' was born, which still exists and functions according to the dispositions indicated below:

« The Heads of Government, recognizing the need for a global response to the internal problems arising from the construction of Europe and to those that Europe has to face abroad, deem it necessary to ensure the development and general cohesion of Community activities and of matters relating to political cooperation.

The Heads of Government have, therefore, decided to meet three times a year, accompanied by the Foreign Ministers, and whenever it seems necessary, as the *Community Council* and on the basis of political cooperation.

The services of an administrative Secretariat will be provided in the appropriate manner, taking into account obtaining practices and procedures.

In order to ensure coherence of Community activities and continuity of work, it is the specific task of the Foreign Ministers within the *Community Council* to perform a stimulating and coordinating function. On the same occasion they may hold a meeting on the basis of political cooperation.

These dispositions in no way prejudice either the rules and procedures set up by the Treaties nor those provided by the reports of Luxemburg and of Copenhagen, concerning political cooperation. In the various meetings mentioned in the foregoing paragraphs the Commission exerts the powers and performs the functions which are assigned to it by these texts ».

Turning now to an examination of this resolution it can be seen how far the process had gone forward of extending the 'Community Council' as a true centre of policy measures and orientation, as also of stimulus and coordination and, finally, of power of decision. This transformation was realized by absorbing the 'Summit' Conferences into the framework of the 'European Council' and by assigning to the Council of Foreign Ministers a pre-eminent position with respect to the Council as ordinarily composed (Ministers in charge of specific sectors). As a result of this transformation the 'Summits' ceased being governmental-ministerial conferences and assumed a new formal identity, precisely that of Community Council with a composition *sui generis*: its members consist of Heads of Government — even if at times these are also Heads of State, as in the case of the French system — accompanied by the respective Foreign Ministers and with periodic meetings that number three a year. This new Community identification of the 'council' thus makes it possible to note how the community governmental machine has been integrated and broadened, even if it is undoubtedly true that the role of the 'European Council' is limited to political orientation while the 'Council of Foreign Ministers' is concerned only with stimulus and coordination, without the former being able to indulge in the deliberations characteristically foreseen for the Council in its ordinary composition or

the latter having a chance to shift from political matters to economic affairs.
It can, in other words, be estimated that the European Council is integrated into the community Council (as the wording of the resolution of 1974 affirms) and that its activities do not prejudice ordinary decisional procedures, but only constitute the procedural '*prius*'[17]. These activities, in virtue of their very political nature, may appeal to the regular community organs for further study and investigation — and then the European Council 'invites', 'requests', 'entrusts', as may be contained in determinations with concrete content but in any case not formally defined: this is the case, for instance, in the decisions of the European Council in Rome (1.12.1975) and in Brussels (1.4.1976), which relate to fixing the date (later postponed) of European elections and of the number of seats in the future European Parliament, both decisions that were preliminary to the one formally made — and legally binding in terms of Community law — with the act concerning the election of representatives in the Assembly by universal direct suffrage (*Decision of the Community Council*, September 20th. 1976).
From what has been said above, it emerges that the amplification of national governmental representativity within the Community Council have given rise to an analogous national parliamentary representativity in the Community Assembly (so-called European Parliament). According to what the *Treaty of Rome* states (art. 137 ff.), national Parliamentary representativity was and is to be understood only in an extremely reduced manner, which in any case is not equal to that guaranteed to national Governments (restricted national delegations represent national Parliaments in the Parliamentary Assembly). In actual fact, the sovereignty of the national Parliaments turns out to be safeguarded over against the construction of the Community on account of the obvious logical and legal impossibility of involving it as such within the framework of some different or may be higher system. In other words, sovereignty has definitely stood firm in the national Parliaments (and in the peoples of the national States), since it is understood that the functions of Parliament cannot be duplicated while on the contrary governmental functions can be, through a reproduction of governmental structure within the Community Council. For these constitutional reasons it is clear why the national Parliaments alone never have a very long life as sole controllers of the Community Council, through the system of a parliamentary vote of confidence with regard to each national government. By the same token it can readily be understood why the European Parliamentary Assembly is lacking in direct democratic representativity, exercises no power of control over the Community Commission and fails to have more than a modest advisory capacity where the Community deliberation procedure is concerned. This much should suffice to demonstrate that there is clearly no uniformity between this and the national Parliaments[18].
In actual practice this system has functioned far from well. The total legitimatization of the national Parliaments' role as interlocutors of the respective Governments — and hence of the Community Council — has not entailed an analogous capacity to guarantee the success of the Community policies advocated by the Heads of Government and by national Ministers during Council meetings. A case in point is the meagre progress made by some policies such as economic and monetary union (Resolution 15.2.1971). Secondly, the widening of the representativity of the national Governments within the Community Council has entailed a gradual loss of power on the part of the Commission, with the consequence that the European Parliament itself is in an awkward situation, since it cannot exercise its role of control, and in particular of censure, over an impoverished organ.
Faced with this kind of progressive reduction of the capacities of the Community system of government, the 'Summit' of the Heads of State and of government (later European Council) itself resolved: first, to

reinforce the powers of the Community Assembly, and then to legitimize it democratically by means of universal direct suffrage elections. The Summit of Paris of 1972 laid down the guidelines concerning the reinforcement of powers, while that of Paris of 1974 did so for the principle of direct election (see above): the cited act of the Community Council of September 20th.1976 established the minimum conditions for this election (and the act was ratified by the member States of the Community, Italy with L. 6.4.1977 n. 150).

What is the significance of this direct election for the matter at hand, namely the question of the progressive broadening of State participation in the European Community? Its major import seems to us to lie in the identity of the process of democratic legitimization which is going to link national Parliaments to the Community Parliament. More precisely, in the identity of the electoral process through which the popular consensus will be expressed and political parties will present platforms and lists of candidates concerning specifically European matters. As the final result, the Strasburg Parliament will consist of members elected from among the peoples of the States belonging to the Community, rather than consisting, as is still the case to date, of restricted delegations from the national Parliaments.

It is actually along these lines that the national electoral laws for the European elections are being shaped[19], as also separate aggregations of national parties in the sense of European political formations (the so-called European parties)[20]. What will the new European Parliament be like? It will be elected by the citizens, but it will be neither a Constituent Assembly nor a Legislative Assembly. But nor will it be an 'international' assembly, with direct and second degree representation, such as we are already familiar with. It is difficult to find a suitable historical comparison: perhaps it will be a sort of 'General States', akin to the old assemblies of Europe prior to the French Revolution, when qualified representatives were sent to the 'centre' to impart political guidance concerning the most important political matters of the day. Again, what will the new European political parties (i.e. the national parties gathered into European parties) be like? Four parties of this type have been founded: the Union of Socialist Parties of the European Community (April 1974); the Federation of Liberal and Democratic Parties of the European Community (March 1976); the European People's Party: Federation of Christian Democratic Parties of the European Community (April 1976); the European Democratic Union (Union of European Conservative Parties) (April 1978). Not included are some other national parties — present however in the current European Parliament — such as the European Democrats for Progress (the French Gaullists) and the communist parties. Now, as is fairly clear, these European parties do not represent 'new political subjects', i.e., 'new parties', with their own independent membership distinct from that of the affiliated parties, nor do they so far demonstrate a real capacity to express leadership, guidance and control over the national leaders and intermediate and local cadres. They are 'parties' in a very special sense: namely, they are the electoral tools of preexisting political subjects (the national parties), which however in their elaboration of European electoral platforms and then of corresponding political orientations show the institutional will to transform themselves into real 'unions' or 'federations' of parties. Finally, the third and last question: what will the European political system be like, or the new political model that will underlie the Community Parliament? The presence within the political system of three great parties with a long history behind them — and of sure Europeanist faith (the socialist, liberal and people's parties) gives assurance of the continuity and renewal of a common tradition, which is a source of values that in the past inspired European life over various periods, including the last thirty years of Community life. Beyond the

stabilizing centre of the Community political system, there exist other political forces, still with a national political structure, which in the past have been left out of the process of construction of the community but yet recently have at times possessed Europeanizing ideologies (from nationalist parties to 'Eurocommunism'). Probably, these parties represent the guarantee of a 'new' political model over against the past, on a 'bipolar' if not indeed pluralistic basis. Once the new European Parliament has been brought into being, it will be possible to come to grips in concrete terms with the problem of reinforcing its powers. In any case, in the first legislature — apart from the regular tasks specified by the *Treaty of Rome* — a uniform electoral law is scheduled to be adopted, which should come into force at the second European election (art. 138, sub-section 3 of the *Treaty*). Secondly, preparations are being made for parliamentary contribution to the elaboration of the project of European Union that had been scheduled ever since 1972, was contemplated in the so-called *Tindemans Report* (December 1975)[21], but had remained without sequel for lack of political vitality on the part of the European Council of the Heads of Government (despite the ample preliminary consultations). In this regard, it was the current Parliament itself — within the project of direct election — that underlined « the great importance of a European Parliament elected by direct suffrage where the creation of the political Union foreseen for 1980 is concerned »[22]. This confirms the need to broaden the future Parliament's functions so as to include that of the 'constituent' of the future 'European Union'.

THE BROADENING OF 'INTERNAL' PARTICIPATION WITHIN THE ITALIAN CONSTITUTIONAL SYSTEM: PARLIAMENT, GOVERNMENT, REGIONS. THE PROBLEMS OF FUNCTIONAL PARTICIPATION, AND THE ACTS OF ORIENTATION, COORDINATION AND EXECUTION - V

So far we have illustrated the broadening of Italy's 'external' participation within the Community, both in the Council of Ministers as also in the European Parliament. A parallel illustration is now in order of her 'internal' participation through progressive extension of the tasks of the constitutional organs in the elaboration of Italian Community policy. On this matter, it is possible to distinguish several phases which took shape at different times and later were unified: *a*) ministerial-governmental; *b*) parliamentary; *c*) regional (there is as yet no electoral phase, or one of commitments by political parties and the electoral body, for obvious reasons indicated in the preceding paragraph).

From the very outset of Community life in 1957, the sovereign participation of Italy — which is the correlative of limitations on sovereignty — was seen to be characterized by a two-fold aspect, external and internal. The external one was immediately manifested by means of representation in the Community institutions, namely in the common organs formed by the European Council and Parliament. The internal aspect showed itself in the functional updating of the Italian organs themselves, which maintain their national identity when elaborating the guidelines to which the official Italian representatives will adhere when dealing with Community matters and, further, when organizing the enforcement of Community law within their own specific areas.

On this reading of two-fold, there was thus from the outset clear evidence of a two-fold form of participation, an external or organic one (governmental or parliamentary delegations) and an internal or functional one (guidelines and Community execution of the various Italian organs, on the various levels of legislative or administrative affairs, with corresponding problems of coordinations)[23].

In the *first phase*, there was no clear realization that the fact of having taken on the tasks of community participation represented a new element, particularly as regards the role of Parliament and of the Government. That is, it was thought that the traditional constitutional pattern followed for

all preceding treaties could again be followed. In this pattern Parliament is normally the recognized constitutional organ entrusted with authorizing the assumption of international commitments that entail legislative variations, yet without its seeming necessary for Parliament to intervene further concerning what has already been decided on once and for all. What this means is that the activity of the legislative power is thereby limited and the observance of the manifold commitments deriving from the Treaties (art. 10-87 Constitution) ensured by the representational-executive activities of the Government. Repeating this model was essentially tantamount to giving the Government '*carte blanche*' on a vast array of matters which far surpassed what is normally encompassed by international Treaties. Thus was born the ministerial-governmental participation model, by virtue of which Parliament merely sent a delegation to the European Parliamentary Assembly (and this delegation was not renewed till 1969). On all other matters Parliament 'passed the buck' to the Government, empowering the latter through official authorizations (L. 14.10.1957 n. 1503, 13.7.1965 n. 871, 13.10.1969 n. 740): the Government, or the individual Ministries, laid down Italy's Community policy and then carried it out within the Country.

In this first phase a gradual concentration of Community affairs within the Government was brought about, by means of a progressive specialization of the individual Ministries (especially the economic-social Ministries), which created divisions or offices of their own purposely designed for these affairs (Agriculture, Industry, Foreign Trade, Finance, Budget, Labour, Transport). Arm in arm with this went coordination between the various Ministries involved in Community policy, first within the Presidency of the Council (1.10.1960: Interministerial Committee for the Coordination of International Affairs concerning Economic Policy), then within the Foreign Ministry (Interm. Coord. Com. for the EEC). Later this arrangement gave way to the sectorial interministerial committee (first within the framework of the interm. Com. for economic planning: art. 16 L. 27.2.1967 n. 48; then with the interm. Com. for emigration: L. 18.3.1976 n. 64; with the interm. Com. for industrial policy; L. 12.8.1977 n. 675; then the interm. Com. for agricultural and industrial policy: L. 27.12.1977 n. 984). It is on the basis of these organizational innovations that it is currently most easy to form national delegations to the European Council or to the various specialized Community Councils, to form the Committee of Permanent Representatives, as also to elaborate the coordinated guidelines to be presented to the various organs listed above. All in all, this turns out to be a form of 'Europeanization' of Government activity in its capacity as the central protagonist of Italy's Community policy and as permanent regulator of the relation between national sovereignty and European integration. The role of the Government, which at the beginning was mostly single-handed if not indeed exclusive, has over the course of time been worn down: today one may speak of a regime of joint management rather than the former type of preference to or suppletion of the other authorities existing within the Italian constitutional system. It is however a fact that there still exists a central role, since by law the right to negotiate within the community is retained by the Government and since in actual fact Europeanist policy continues to be a 'prerogative' of top Ministerial officials and other Government figures.

The *second phase*, the parliamentary phase, coincides with the reform of the regulations of the House and the Senate (15.2.1971). With these regulations the Parliament passed from a neutral position to the function of establishing policy guidelines. There was a growing awareness that Community processes were unfolding at a higher level than and outside the bounds of Parliament, that the Common Market was bringing about profound modifications in our legislation, with a breadth of political discretionariness unforeseen and unforeseeable at the time

of the Treaties of Rome. This had already been noted on the occasion of the last authorization conceded to the Government (in 1969) after no small resistance and, above all, only after the introduction of a corrective criterion, the so-called 'return to Parliament' any time the material handed over to the Government should seem to a Parliamentary Commission to be susceptible of removal from the proxy authorization in order to become the object of direct legislative measures[24].

The above mentioned two regulations provide for the Parliamentary Commissions to establish policy guidelines. These Commissions are, respectively, in the Senate, the 'Committee for European Community Affairs' (Art. 23) and, in the House, the Regular Commissions (art. 126) except for the constitution of a special Commission (art. 126 par. 2). This much outlines what bears on the measures proposed by the EEC Commission or on the items on the agenda of the Community Council awaiting deliberation. The same regulations establish that the regular Parliamentary Commissions should express their attitude concerning the appropriateness of legislative or governmental measures to be taken with regard to the normative acts of the European Communities (regulations, directives, decisions) that have already been enacted and published in the corresponding Official Gazzette (art. 144 Reg. Sen. and 127 House). It does not appear, though, that these new parliamentary instruments have been used to very great avail since 1971: this may be due to a certain distaste on the part of the Houses for Community affairs, a situation which in part should be remedied by the upcoming election of the European Parliament by direct universal suffrage and the renewal of interest this is likely to bring with it[25].

The *third phase*, the regional phase, represents the period of greatest intensity of debate and of strongest renewal of interest in the Community on the part of the Italian political parties. The non-Europeanism of political structures at local level and in general within the electorate had been the direct consequence of the 'internationalistic' nature of the Community and had also been at the origin of the widespread lack of interest of the Italian political parties (see above par. 2). But precisely the mass-level structures, especially the territorial ones, represented an essential aspect of the three-level 'federalistic' vision (International Organizations — National State — Regions and local authorities) which is a characteristic of Italian political thought and is present in the Constitution (art. 1-11 . At the time of the establishment of the Regions (transfer decree of 1972), it was thought that these structures could not be involved actively in the actuation (to say nothing of the elaboration) of Italian Community policy, as the requirements of unity of orientation and action were held to prevail over the specific requirements of regional autonomy. In contrast with this trend, one may note that the limitation on sovereignty deriving from our membership in the EEC does not objectively entail an obliteration of the balance between constitutional institutions, including the Regions with their legislative and administrative powers on matters under their authority (art. 117 ff. Const.). Apart from these motifs, criticism was levelled at the *de facto* 'expropriation' of the regional authorities where Community affairs were concerned, with the complaint that it was not possible to keep the intermediate and local ruling class of the parties out of the construction of Europe, one of the reasons being that Community policy impinges in infinite ways on the overall life of local communities (employment, labour mobility and emigration, industrial and agricultural development policy, etc.). The controversy that accompanied the carrying out of Community directives concerning agricultural reform provided the first opportunity for a return to regional jurisdiction, when the Regions made a successful claim for their 'natural right' to carry out Community policy directly in a sector that was of vital interest to them (L. 9.5.1975 n. 153 and 10.5.1976 n. 352)[26].

As a result of this controversy, an overall

and fairly original solution of the relations concerning Italy's participation in Community policy from an 'internal' point of view has been arrived at in the recent L. 22.7.1975 n. 382 and in the following D.P.R. 24.7.1977 n. 616 (art. 4 and 6): *a*) the participation of the Regions in national political orientation on Community affairs, through understandings to be reached with the Government; *b*) the actuation of regulations and directives of the EEC on matters transferred or delegated by official authorization from the State to the Regions; *c*) the coordination between state activity and regional activity, both as far as concerns a substitutive mechanism to come into action should these latter two become guilty of breach of duty with regard to Community commitments, and also as far as concerns orientating and coordinating activities on the part of the Presidency of the Council regarding regional administrative activities on the above-mentioned matters. These coordination mechanisms have recently been confirmed on the question of agricultural and food planning (for ex. art. 4, sub-section 2 of L. 27.12.1977 n. 984 confirms that in the advent of failure to reach an understanding with the Regions, the Council of Ministers takes over, after consulting with the Parliamentary Commission for regional affairs; the P.D. Counc. Min. 13.1.1978 delegates to the CIPE, an Interministerial Committee, the task of evaluating the compatibility of state and regional programmes on the subject of the improvement of the conditions of transformation and marketing of agricultural products, as laid down in the P.D. n. 616/1977). In conclusion, having evaluated jointly the above described three phases of development of ways of participating in Community policy, note should be taken of the definite arrival on the scene of the new factor consisting of the involvement of Parliament and the Regions in a 'governmental' policy which might otherwise be carried out amid indifference, or worse, be disputed at various levels. Much has been said, in this respect, about an 'Italian road' — parliamentary and regional — to Community Europeanism. We feel that this road represents a means to effect the electoral mobilization without which the European elections might boil down to an emotional or detrimental occasions, and in any case would not be highly motivated or susceptible of activating or repristinating new political debates[27].

M. P.

Translation: R. COSTA BARRITT - PISA

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 There appear to us to be two stalling points: the sentence of the Const. Court of 27.12.1973 n. 183, which recognized the constitutionality of the on-going Community process; the progressive convergence on the Community junction of the 'internal' and 'external' policy of the institutions, parties and trade unions, which are gradually erasing old distinctions and promoting the overcoming of rigid distinctions between 'constitutionalistic' and 'internationalistic' scientific disciplines.

2 See the historical reconstruction contained in PANEBIANCO, *Dalla Società delle Nazioni all'ONU*, Napoli, 1977.

3 See the proceedings of the Commission on the *Rapporti internazionali dello Stato nella Costituzione italiana*, 1ª Sottocommissione del Ministero della Costituente, in *Riv. dir. internaz.*, 1977, p. 334.

4 For the historical reconstruction see PANEBIANCO, *Il mercato comune europeo*, Napoli, 1977.

5 See in particular the monograph by PAPISCA, *Comunità europea e sviluppo politico - Contributo all'analisi del sistema comunitario europeo*, Reggio Calabria, 1974.

6 See STURZO, *La Comunità Internazionale ed il diritto di guerra*, London, 1928 (1954); DE ROSA, *Luigi Sturzo*, Roma, 1977.

7 See PROUDHON, *Du principe fédératif*, 1863 (Paris, 1959 in the *Complete Works*).

8 The origins of Italian federalism are held to go back to the by now famous message of Spinelli and Rossi of 1942 (Manifesto of Ventotene): on this see DUCCI-OLIVI, *L'Europa incompiuta*, 1970, p. 68.

9 Some of the leading exponents of the federalist movement, though of different origins, were: CALAMANDREI, *Scritti politici*, BOBBIO (ed.), Firenze, 1966, Vol. 1, 2, p. 407 ff. and EINAUDI, of whom see various works: *La guerra e l'unità europea*, 1948, Torino, p. 35 ff.; *Lo scrittoio del Presidente*, 1956, p. 62 ff.; *Il buon governo*, 1973, p. 633 ff. See also: BOBBIO, *Il federalismo nel dibattito politico e culturale della Resistenza*, in *L'Italia e l'Europa*, 1975, p. 19 ff.

10 These are positions that were specifically upheld by the Socialist party in 1957 on the occasion of Italy's adherence to the Common Market (see LOMBARDI, *Scritti politici*, 1978, Vol. 1, p. 279 ff.).

11 These are positions that were specifically upheld by the PCI on the occasion of its adherence to Community Europeanism: AMENDOLA, *I comunisti italiani e l'Europa*, Roma, 1971. (In the same year a conference of the CESPE-Institute by the same title).

12 On the overall attitude of the Italian political forces: WALKER, *Dal confronto al consenso - I partiti politici italiani e l'integrazione europea*,

Bologna, 1976; ROY WILLIS, *Italy Choses Europe*, New York, 1971; IRVING, *Italy's Christian Democrats and European Integration*, in *International Affairs*, 1976, p. 400 ff.; ID., *The European Policy of the French and Italian Communists*, in *International Politics*, 1977, p. 404 ff.; LEONARDI, *L'Europa ed il movimento socialista*, 1977.

13 On this institutional question see for all points MONACO, *Lezioni di organizzazione internazionale - Diritto dell'integrazione europea*, Torino, 1975.

14 On these matters see OLIVI, *Da un'Europa all'altra*, Milano, 1973. And, more specifically, for the revision of the model of Community government: PANEBIANCO, *Il mercato comune europeo (lezioni, testi e documenti)*, Napoli, 1975, p. 65 ff.

15 For further information, also of a bibliographical nature, see PANEBIANCO, *op. ull. cit.*, p. 79 ff. with a reproduction of the text of the agreement. It is to be noted that the agreement is still in force, having been explicitly extended to the States that entered the Community at a later date (Great Britain, Ireland, Denmark).

16 For the history of the 'Summits' and for the progress made in individual Community policies, at times beyond the prescriptions of the *Treaty of Rome*, see, respectively, the already cited works of this author (1975 edition, p. 87 ff., 1977 edition, p. 101 ff.). It must be added that the final Resolution of the Paris 'Summit' of 1974 gives a clear specification of some of the functions of the Committee of Permanent Representatives, in its capacity as representative of the « national positions concerning European affairs », allowance being made for the Council of Ministers' authority to decide when it comes to « the most important matters ». The very Resolution itself further expresses the hope that the Council will make greater use of its power to delegate matters to the Commission by official authorization where the execution or carrying through of regulations, directives etc. ex art. 189 of the *Treaty* (and art. 155 al 4) is concerned.

17 The claim of the Community identification of the European Council was made by this author in the cited studies (1975 edition p. 136 ff., 1977 edition p. 30). The same claim, but with the variant of considering the European Council to be authorized to assume decisional powers can be found in BLUMANN, *Le Conseil européen*, *Riv. trim. droit européen*, 1976, p. 1 ff. For a claim that the Council is unconnected to the European Communities see STARACE, *Il Consiglio europeo*, paper read in 1977 (to appear).

18 For a cogent treatment of these constitutional and Community problems see the *Relazione del gruppo ad hoc per l'esame del problema dell'ampliamento delle competenze del Parlamento europeo* (*Relazione Vedel*) in *Supplemento al Bollettino delle Comunità europee*, (1972/4 which plainly spotlights the method of coordination between national Parliaments and the European Parliament).

19 See TROCCOLI, *L'elezione a suffragio universale diretto del Parlamento europeo*, in *Riv. trim. dir. pubbl.* 1977, p. 1535 ff.; TRAVERSA, *L'elezione del Parlamento europeo a suffragio universale e la legge elettorale italiana*, *Ibidem*, p. 1577 ff.

20 On these questions see the series of monographs and studies by PAPISCA: *Comunità europea e sviluppo politico*, Reggio Calabria, 1974; *Europa '80: dalla Comunità all'Unione Europea*, Roma, 1975; *Comunità europea: dal consenso permissivo alla partecipazione politica*, in *Riv. ital. scienza politica*, 1976, p. 289 ff.; *Il 'fronte dell'Europa': contributo all'analisi dei partiti politici europei*, Torino, 1977 (in print).

21 See the report on the *Unione europea*, in *Supplemento al Bollettino delle Comunità europee*, 1976/I.

22 PARLAMENTO EUROPEO, *Progetto di convenzione e motivazione*, p. 33.

23 For a first approximation of a logico-normative account of these problems, see, by this writer: *Integrazione comunitaria dell'Italia e riordinamento dei poteri costituzionali*, in *Studi di diritto europeo in onore di R. Monaco*, 1977, p. 535 ff.

24 *Record* of the Senate debate in *Riv. dir. int. priv. e Proc.*, 1969, p. 850 ff.

25 See MANZELLA, *Il Parlamento*, 1977; CHIMENTI, *Un bilancio dei primi anni di attuazione del nuovo regolamento del Senato*, in *Il Politico*, 1977, p. 405 ff., p. 417 ff.

26 See, on this controversial topic, among the abundant literature, the document: *Le Regioni e la revisione della politica comunitaria*, in *Città e Regione*, 1977, p. 297 ff.

27 Concerning the risk of an emotional approach, centred around old contrived or abstract questions for or against national sovereignty, see a survey of the doctrine and of the debate that took place in France on the occasion of the ratification of the act relating to the universal suffrage election: VOLPE, *L'elezione del Parlamento europeo al vaglio del 'Conseil Constitutionnel'*, in *Foro Italiano*, 1978, IV, p. 36 ff. An orthodox view, wholly taken up with the perspective of the Community, is found in one of the many instances of political occasional literature: BIBLIOTECA DELLA LIBERTÀ, *Verso un Parlamento europeo*, 1977, n. 64.

Istruzione e scienza in Cina nel clima della restaurazione

SAVERIO AVVEDUTO
Università di Roma

I COS'È OGGI LA CINA?

Una fra le risposte probabilmente meno infondate a questa domanda, può essere che di Cine — come di Italie o di qualunque altro Paese — ne coesistono molte e che, quindi, la definizione unica implicita in quell'interrogativo sarebbe scorretta e, se data, largamente arbitraria. Tanto più se si pensa all'enorme taglia di quel 'continente'.
Molte Cine, dunque. Va poi aggiunto che una decorosa appercezione della realtà multipolare cinese è obiettivamente difficile, specie per l'osservatore esterno; tanto più per chi, come l'estensore di questa nota[1], non ne possiede la lingua. Questa condizione, dopo che l'analisi semiologica dei nostri giorni ha vigorosamente riaffermato, sul filo idealistico e junghiano, l'identità della parola col pensiero regolato, limita fortemente questo, come ogni altro analogo tentativo di penetrare la realtà della Cina e va quindi dichiarata. Anche l'osservatore interno sembra tuttavia avere sue difficoltà di adattamento a misurazioni comuni. Non dico solo quelle inevitabilmente dovute alla stratificazione sociale, obiettivamente presente, anche se con caratteri peculiari, nella Cina d'oggi e che va dal contadino illetterato al Gruppo di Palazzo; quanto, e più sottilmente, altre che riguardano, ad esempio, modi e strumenti del conoscere che presumiamo essere non soltanto occidentali. Qualche dato, a questo proposito, su aspetti volutamente diversi. La mancanza di statistiche circolanti e condividibili (l'Accademia di Scienze Sociali non ha il Dipartimento di Sociologia — e questo sarebbe il meno — ma non ha neppure quello di Statistica); l'assenza di un bilancio pubblico disponibile in senso occidentale (non esistendo quelle che noi chiamiamo 'entrate', dato che in Cina non si pagano tasse, i flussi monetari sono svincolati dagli equilibri e squilibri interni delle nostre economie); il modo stesso di comunicare il pensiero con le sue reticenti lentezze e le sue ampie metaforicità (la rivoluzione culturale nacque, come si sa, da un articolo su temi in apparenza lontani): tutto ciò, mentre ci fa avvertiti che le chiavi di lettura della realtà cinese sono, anche all'interno, di segno ben diverso delle nostre, debbono renderci estremamente cauti nell'acquisire a fini 'occidentali' i prodotti sia pure scientifici, del posto, sui quali poi incombe un quadro ideologico rigidamente unipolare.

La scala dei tempi, infine. Non è detto che la Cina viva nel nostro secolo, come, ad esempio, l'America rispetto all'Europa occidentale o al Terzo Mondo. Resta da stabilire se essa si trova uno o più cicli avanti o indietro o se, anche, non orbita autonomamente.

II IL CROLLO DELLA MURAGLIA

La Grande Muraglia corre per circa cinquemila chilometri. Corre o, meglio, correva. Oggi è uno sbraco di macerie e ne è stata ricostruita e ne viene mantenuta una parte limitata, offerta ai turisti.
Qualcosa del genere sembra essere accaduto alla Cina post-Mao. Gli osservatori occidentali e gli stessi cinesi sono sbalorditi dinanzi alla rapidità del cambiamento, sommato alla sorpresa che esso abbia potuto aver luogo. 'Frenesia', 'disinvoltura', 'pragmatismo' e termini del genere ricorrono di frequente nelle cronache giornalistiche occidentali per designare il nuovo corso cinese.
Il Peking Hotel della capitale (residenza ufficiale delle delegazioni straniere) è un'arnia di visitatori accolti con tutti i riguardi. Il rito è uguale e sembra risalire alla svolta kissingeriana: una nera vettura di rappresentanza per il capo delegazione, seguita da altre di rango minore per il resto; salotti riservati per pranzi, incontri, contatti; foto di gruppo nel 'Palazzo' (per lo più la sede del Parlamento) se si visita uno dei massimi dirigenti e relativa pubblicazione, l'indomani, sul *Quotidiano del Popolo*.
Cosa c'è dietro questa facciata? Una risposta può essere data dall'atteggiamento comune ai responsabili, sia politici che amministrativi. La Cina avverte e dichiara di essere dieci o venti anni indietro rispetto allo sviluppo economico occidentale. Il suo obiettivo, il suo chiodo fisso, la sua nevrosi, consistono nel colmare il gap. Vogliono raggiungerci. Chi minacciava, negli anni '60, la vicinanza della Cina, ora che la Grande Muraglia è crollata, si trova davanti un popolo che pedala, consapevole di far parte del Terzo Mondo, ma scattato per una corsa che ci rende stupefatti e perplessi. Perché in fondo, a noi occidentali andava bene una Cina chiusa, ideologizzata e idealizzata, serbatoio di riso e di tè. Ora che un miliardo di cinesi rischiano di crescere e straripare, sentiamo minacciati gli equilibri del mondo.
Gli industriali anelano ad intrecciare affari con i cinesi, ma si chiedono sin da adesso cosa accadrà quando quel continente riuscirà a produrre su scala industriale a costi più bassi dei nostri. I politici occidentali cominciano a temere la cintura di alleanze che dal Pakistan arriva a Belgrado, i russi mostrano segni di psicosi da accerchiamento, la teoria maoista dei tre mondi, col ruolo di grimaldello assegnato ai Paesi minori industrializzati come il nostro, fa il resto. Una delle previsioni sulla fine, nel giro di pochi anni, di questo nuovo corso cinese, appare indispensabile per tranquilizzarci tutti. Non dura, non è possibile. La Cina è troppo 'impero di mezzo' per debordare. Fra cinque anni sarà finita. In fondo, la Cina 'laboratorio

ideologico' faceva tanto comodo. Perché non continuano a sperimentare, sulla loro pelle, l'idea di una società perfetta? Il presente è, tuttavia, quello che è; e stando ad esso, la celerità e la ampiezza del cambiamento rispetto al passato prossimo, appaiono innegabili. Gli stessi cinesi ne sono consapevoli. Il secondo anniversario della morte di Mao sembra celebrarne il secondo millennio: i visitatori che, a giorni alterni, vengono fatti sfilare in rapida sequenza nella sala refrigerata dinanzi all'urna di cristallo per contemplare il volto mummificato del Grande Condottiero e Poeta, non realizzano gli anni-luce trascorsi dall'8 settembre 1976. Ma anche nelle piccole cose il salto è avvertito. La sfida all'Occidente è così accelerata che un volume sulla ricerca scientifica in Cina[2], uscito a Parigi qualche mese fa, è ritenuto superato. La gente sente di cambiare in fretta.

III ISTRUZIONE E SCIENZA PER IL MITO DELLO SVILUPPO

Ed il senso del cambiamento è chiarissimo.
Non c'è possibilità di errore se si afferma che la Cina è oggi preda del mito dello sviluppo che attanagliò negli anni '60 le società occidentali e che è responsabile del nostro livello di vita come dei guasti che lo attraversano. Due grandi Conferenze, agli inizi di quest'anno, la *Conferenza Nazionale sulla Scienza*, inaugurata dal Premier Hua, e la *Conferenza Nazionale sull'Educazione*, presieduta dal numero due de lregime, Teng Hsiao-ping, hanno impresso al nuovo corso l'ansia del 'megliessere' che noi abbiamo vissuto, in fase ascensiva, vent'anni fa.
La lettura dei documenti ufficiali consente di scoprire una impressionante simmetria col modello capitalistico occidentale degli anni '60. La loro griglia culturale è quella dei documenti OCSE e cioè delle più fini analisi prodotte allora in Europa sotto l'ombrello americano.
La tentazione di offrire agli amici cinesi i miei lavori degli anni '60 dedicati all'uso del capitale umano nell'istruzione e nella ricerca[3] è stata forte.
La cornice, va da sé, è tuttavia apparentemente intatta. Ogni oratore, da Hua, al Ministro dell'Istruzione Liu Hsi-yao e via dicendo, paga il tributo di omaggio (tornerò appresso su questo punto) al pensiero di Mao e di esecrazione della 'banda dei quattro'. Ciò fatto, il contesto è svincolato e può diventare decisamente economicistico.
Obiettivo finale è quello di « trasformare la Cina in un Paese potente, moderno, socialista »[4]. Educazione e ricerca vanno quindi finalizzate allo scopo e pertanto, sono una variabile dipendente dello « sviluppo economico nazionale ». In conseguenza, occorre rendere disponibile il personale scientifico e tecnico necessario allo sviluppo e « combinare la formazione al lavoro produttivo ». Così solo si può « far fronte ai bisogni dello sviluppo immediato », ma anche « prendere piena consapevolezza delle tendenze di sviluppo della scienza e delle tecnologie moderne ».
Quest'ultimo tasto domina prepotente le menti dei nostri interlocutori cinesi. A tutti i livelli ci chiedono scienza e tecnologia, ci mostrano la

loro scienza e tecnologia, vogliono nostri scienziati e tecnologi, vogliono mandarci i loro scienziati e tecnologi.
Tutto il sistema deve obbedire a questo fine. Il ridisegno dell'ideologia è quindi spietato. E la vittima più scioccante è il mito dell'uguaglianza. « Pur incoraggiando ed aiutando ognuno a lavorare sodo — recita testualmente Teng — *noi dobbiamo ammettere la disparità nelle capacità e nelle qualità morali degli individui* ». Conseguenza logica: la selezione più rigorosa, il ritorno agli esami di ammissione all'Università, in una parola, meritocrazia piena. « Da oggi in poi », scrive ancora Teng, «non solo le scuole secondarie e le Università debbono condurre gli esami di ammissione degli aspiranti, tenuto conto dei loro livelli morale, intellettuale e fisico e *ammettere solo quelli che eccellono*, ma tutte le strutture scolastiche debbono comportarsi in tal modo e, per accrescere il loro patrimonio di iscritti, dare la priorità a quelli che emergono ».
Un vento di emulazione selettiva sembra scorrere le società, educativa e scientifica, cinesi. Nel 1977 è stato creato un titolo, quello di 'Università pilota' (*Key University*) e attribuito solo a 88 istituzioni universitarie sulle circa 500 esistenti nel Paese. Occorre lavorare duro per meritarlo e lo si può anche perdere.
Se la banda dei quattro spediva i professori in campagna (il responsabile della 'brigata di produzione' di una comune agricola di Hanch-chow ha dichiarato di averne avuti parecchi e che dopo un breve periodo di adattamento lavoravano bene), ora occorre rispettare il loro ruolo e rivalutare il loro status sociale e politico.
«Essi debbono avere», comanda Teng, «il rispetto non solo degli studenti, ma di tutta la società ». Quanto basta, va da sé, per legare al nuovo corso nove milioni di docenti e farne una testa d'ariete per sfondare sul futuro. E in effetti, tutti i docenti incontrati sembrano usciti da uno stato di prostrazione profonda e rinati a vita nuova. « *Nunc iam redit animus* » scriveva Tacito cantando Nerva dopo 'la banda dei quattro' degli imperatori di allora (anche se ciò non toglie che anche quelli attuali imperano, e come!). E la piramide educativa tocca anche i docenti: ai migliori fra di essi va conferito il titolo di 'docenti di grado speciale'. Infine, anche se immediatamente non potranno essere previsti miglioramenti economici consistenti, data la situazione del Paese, la priorità assoluta va prevista per aumentare gli stipendi ai professori.
Il tipo umano che esce da questa officina educativa è il seguente: « Noi dobbiamo lavorare sodo per inculcare nei giovani lo stile rivoluzionario dell'apprendere con diligenza, osservare la disciplina, amare il lavoro fisico, aiutare gli altri, lavorare a fondo per sconfiggere il nemico, acquistare la necessaria competenza professionale, essere leali alla Patria socialista, alla causa rivoluzionaria ed al pensiero di Marx, Lenin e Mao Tse-tung ». Ma la cura principale dei dirigenti cinesi è quella di esplicitare che non ci troviamo di fronte a modelli teorici diversi, nuovi o vecchi che siano, occidentali od orientali che appaiano, ma a precise opzioni politiche.

Il quadro complessivo è tracciato dal *Piano decennale di sviluppo dell'economia nazionale* (1976-1985) e ad esso vanno riferiti tutti gli interventi settoriali: dall'Agricoltura (Conferenza nazionale dell'ottobre 1975, rapporteur Hua Kuo-feng non ancora numero uno della gerarchia politica cinese), alle Finanze, Commercio e Industria (Conferenza del giugno-luglio 1978), nonché, come si è detto, quelli sull'istruzione e sulla scienza.
Le tappe del piano ruotano attorno alle famose 'quattro modernizzazioni': *agricoltura, industria, difesa, scienza e tecnologia*: l'uso stesso del termine 'modernizzazione' denota l'ampiezza della svolta.
Un breve esame dell'ultimo segmento, scienza e tecnologia, che include i problemi della formazione.
Il sub-sistema 'educazione-ricerca' è oggetto di cure attentissime. Il piano per la scienza è stato elaborato dal Vice Primo Ministro Fan Yi e approvato, come s'è detto, dall'apposita Conferenza di Marzo. Lo stesso Hua ha aperto i lavori. Sarebbe come se da noi fossero il Presidente del Consiglio ed il Presidente della Repubblica insieme a farsi carico dei problemi della ricerca scientifica: troppo bello.
E gli obiettivi prescelti non sono né vaghi né lontani, ma obbediscono a precise priorità, le seguenti. Anzitutto, *la ricerca per l'agricoltura* con lo scopo primario di assicurarne la meccanizzazione integrale entro il 1980. Si aggiunga che la rete di ricerca in agricoltura è impressionante: essa è infatti estesa a tutto il Paese secondo l'idea — la quale da noi è solo tale mentre laggiù opera — della 'cellula di ricerca' affiancata ad ogni unità produttiva.
Le Comuni agricole popolari sono 52.800, divise in 680.000 brigate di produzione ed in 4.800.000 squadre di produzione.
Viene assicurato che presso ogni Comune popolare c'è un *centro di ricerca agricola*, mentre nelle brigate operano *sottogruppi di ricerca*. Presso la squadra, addirittura, opererebbero unità più modeste con il compito di favorire la sperimentazione agricola e legare la produzione alle esigenze locali. Gli amici cinesi sono orgogliosi di questa *rete di ricerca di massa*, che dovrebbe raggiungere uno degli scopi più ambiziosi — anche per noi — dell'attività scientifica, quella di legarla alle esigenze ed alle domande della società nel suo insieme. Se si pensa che la rivoluzione maoista fu l'assalto della campagna sulla città, questa dotazione di ricerca in agricoltura corre sul filo più corretto e avveniristico della tradizione rivoluzionaria del Grande Presidente. A livello centrale è l'*Accademia dell'Agricoltura* che coordina gli istituti di competenza regionale (circa trenta) ma che agisce anche in proprio.
Vengono poi anche obiettivi scientifici più specifici. Nell'ordine: scienza dei materiali, computers, spazio, ingegneria genetica, fonti di energia (tradizionale ed alternativa), laser, telecontrollo: la ricerca nucleare, d'altra parte, è già ampiamente curata nel quadro della difesa. Come si vede, temi scelti in via esclusiva per la loro immediata ricaduta sull'economia, più ancora che sul 'sociale'.
È veramente degna di nota questa attitudine alla *scienza per lo sviluppo*

che pervade tutta la società cinese: la ricerca, oggi, serve *solo* alla crescita economica del Paese. Gli economisti del posto sfuggono a problemi di tipo occidentale. Il loro chiodo fisso è conoscere i nostri tassi di sviluppo, sapere come abbiamo fatto ad ottenere i nostri livelli produttivi. Inutile porre questioni teoriche, ricercare insieme modelli di società. Inutile anche presentare la lista dei prezzi che abbiamo pagato e paghiamo ancora per il mito dello sviluppo: non li capiscono, non entrano nella loro griglia culturale. O, forse, dovremmo riflettere e convincerci che il prezzo del sottosviluppo è ancora più alto.

Accantonati, quindi, almeno per il momento, i miti (o falsi miti) dell'Occidente sulla ricerca più o meno pura o applicata, la classe dirigente cinese incardina la scienza sulla linea dello sviluppo nazionale, rendendola esplicitamente connessa alla produttività in agricoltura e nell'industria ed alla potenza militare.

La stessa struttura del Governo è stata definita in rapporto a queste scelte e la Commissione per la scienza e la tecnologia, presieduta da Fan Yi, ha poteri e responsabilità legati ai tre predetti settori, nei quali la ricerca deve rifluire.

Il piano per la scienza non è stato reso pubblico nei dettagli; ma gli interventi dei leaders alla Conferenza (disponibili nel testo inglese, ufficiale) consentono di rilevare le direttive generali e le aree di priorità.

Correttamente, la precedenza assoluta è data alla formazione dei ricercatori. Intendendo con questo termine lo 'scienziato maturo', impegnato nella ricerca di base ed applicata (non di sviluppo) i cinesi contano di poter disporre, nel 1985, di 800 mila ricercatori (l'OCSE stima che nel 1975 ce ne fossero circa 575 mila). L'obiettivo è, quindi, di circa un ricercatore per mille abitanti; ad essi, però, vanno affiancati 1.200.000 tecnici intermedi, necessari per rendere produttivo il lavoro delle 800 mila unità di punta, per un totale complessivo di *2 milioni di addetti*, utilizzati a tempo pieno in attività di ricerca (sempre esclusa la ricerca di sviluppo).

Il secondo traguardo è la messa in opera di un certo numero di 'centri' di ricerca avanzata su base nazionale, nei settori già ricordati.

In omaggio alla nuova filosofia di apertura all'Occidente, i cinesi non solo accettano, ma auspicano collaborazione e compartecipazione. Il Ministro Fan Yi ha chiesto al Ministro Pedini scienza, tecnologia e programmi di ricerca connessi.

Il momento è di estremo interesse per i nostri ricercatori, oltre che per le imprese pubbliche e private. Sin dal prossimo anno accademico, i cinesi si ripromettono di inviare in Italia, a loro spese, ottanta ricercatori e sono pronti a definire in dettaglio '*joint-ventures*'. Lo scambio di scienziati-leaders è previsto, come pure l'eventuale utilizzazione comune dei risultati della ricerca. E va aggiunto che lo spettro delle possibilità si estende anche ai *centoventi grandi progetti*, strettamente connessi alla politica dello sviluppo. Si tratta di un insieme di infrastrutture (ad esempio 30 centrali elettriche, 10 centri siderurgici, 9 centri per metalli non ferrosi, 8 raffinerie, 10 campi petroliferi, 6 assi ferroviari, 5 porti marittimi) da mettere

in opera applicando tecnologie avanzate: una tipica ricerca di sviluppo, oltre il prototipo. Senza dire che, su di un piano strettamente industriale, ma con riflessi tecnologici di per sé evidenti, si aprono tre altri immensi settori: l'edilizia, i trasporti di massa e quelli individuali.
La parte finale del piano prevede un complesso di disposizioni operative, dieci. Tra di esse vanno ricordate la costruzione di strutture di ricerca non solo presso le Accademie Centrali (come il nostro CNR), ma anche e soprattutto presso gli Enti locali e le grandi industrie. Si regola poi l'assunzione del personale con relativa retribuzione (la categoria meglio pagata in Cina è oggi quella dei docenti universitari), variabile secondo la resa e si delineano sistemi di incentivi e di verifiche. Vengono poi previste le modalità di rapporto con la comunità scientifica internazionale, la creazione delle strutture di supporto (assistenti, segretarie, biblioteche, centri di documentazione e così via). In sintesi, qualcosa di molto vicino ad un bilancio esecutivo e di ben diverso dalla nostra infelice esperienza di programmazione.
Oltre ventimila scienziati hanno contribuito alla redazione del 'piano per la scienza' e ottomila di essi erano presenti al dibattito. Al tempo stesso, la dirigenza politica ha l'occhio attento ad un pericolo molto temuto: che la scienza inneschi quella corsa ai consumi la quale ha distorto lo sviluppo di molti dei nostri Paesi occidentali e di altri (l'Iran e il Brasile, ad esempio) e che laggiù avrebbe conseguenze incalcolabili, date le dimensioni demografiche del Paese.
Per la formazione e l'utilizzazione delle nuove leve di scienziati, la Cina prevede di inviare all'estero diecimila studenti l'anno. Questa linea di tendenza si salda da una parte al generale innalzamento del livello conoscitivo del Paese (nel 1975 l'analfabetismo è stato dichiarato scomparso, piccole sacche qua e là sono irrilevanti) e dall'altra alla tremenda bulimía di scienza occidentale laggiù oggi presente.
Sta nascendo una quarta generazione di scienziati. Dopo la prima, quella dei vecchi formatisi in America ed in Giappone prima del '49; la seconda, dei ricercatori del periodo sovietico; la terza dei giovani contrastati dal 'Grande Balzo', il nuovo corso prepara un avvenire che deve farci riflettere anche perché ci riguarda da vicino.
Il piano per l'istruzione, presentato dal Ministro Liu Hsi-yao intende coprire gli anni dal 1978 al 1985 e poggia su quattro punti.

Primo: l'istruzione serve al lavoro produttivo. Le masse debbono avere, quindi, oltre alla coscienza ed alla cultura socialista, una preparazione professionale accurata.

Secondo: i quadri vanno formati secondo le previsioni del piano nazionale di sviluppo economico.

Terzo: contenuti dell'insegnamento e materiali educativi debbono seguire le esigenze della scienza e della tecnologia moderne.

Quarto: punto fondamentale è la *qualità dell'istruzione.* E la chiave di volta, a questo scopo, è l'*istruzione universitaria* che ha immediati riscontri

su quella professionale, sulla formazione dei docenti, sulla scuola primaria e secondaria.
Come si vede, l'operazione è complessa; e credo che i dirigenti cinesi non se lo nascondano. In effetti, governare un aggregato di 200 milioni di allievi e un corpo docente di 9 milioni di unità, deve essere un compito enorme (si pensi, per avere l'idea delle proporzioni, alle difficoltà di governare una struttura scolastica di tipo medio, come quelle europee: l'Italia, ad es., ha circa 10 milioni di giovani scolarizzati e 1 milione di insegnanti).
Un quadro di comando fortemente centralizzato, unità periferiche (le regioni) ben organizzate e, soprattutto, uno spirito di disciplina e una chiara volontà di 'collaborare', costituiscono tuttavia la premessa sicura al successo dell'operazione.
C'è, specie nel corpo docente, la disponibilità trasparente a sostenere il potere politico, e si capisce bene, se si pensa alle vessazioni che gli intellettuali in genere e i professori in particolare avevano subito nel decennio della rivoluzione culturale.
Spediti a rieducarsi nelle Comuni agricole, collocati al nono posto (la 'puzzolente nona categoria') dei nemici di classe, dopo i 'signori', i 'ricchi contadini' e così via, i docenti hanno trovato nel 'nuovo corso' un inatteso strumento di autoaffermazione. Il direttore del conservatorio di Shangai, la cui musica venne bruciata al tempo della banda dei quattro, si rifà oggi tornando a Chopin, Beethoven, Mozart e così via. Non si è proiettati sull'avvenire, va da sé, ma... *primum vivere*. Il sincero, acutissimo desiderio di inserirsi nel quadro culturale dell'Occidente può avviare, anche in questo campo, il necessario processo di modernizzazione.
Il piano Liu è molto articolato nel settore dell'insegnamento terziario. Assieme al potenziamento dell'Università tradizionale di 4-5 anni di corso, è aperto un ventaglio di nuove possibilità: collegi tecnici di 2-3 anni, corsi speciali per conoscenze di base di 2-3-4 anni e così via. Un *modo* di decentramento traspare: ogni provincia, municipalità, regione autonoma, è chiamata a darsi le strutture di insegnamento superiore più idonee ai bisogni locali: il potere centrale promette assenso e contributi. Si aggiungano un vasto quadro di interventi per la formazione superiore attraverso la radio, la TV, le Università serali e corsi speciali presso le fabbriche, le comuni agricole e così via, e si avrà l'idea di quanto il Ministro Liu intende fare da qui al 1985.
Un'attenzione particolare va data alle '*Key schools*', le 'scuole modello' da istituire a tutti i livelli, elementare, medio, tecnico, universitario. Parola d'ordine: i migliori studenti, i migliori professori, i migliori diplomati. Lo spirito di emulazione assicurerà la 'ricaduta' sulle altre istituzioni, di modo che lo standard complessivo possa accrescersi in breve. Qualità e controllo di qualità, dunque.
Gli strumenti sui quali il piano insiste sono: i *docenti, le attività di ricerca combinate al lavoro, la selezione dei talenti.*
Ai docenti, dice Liu riprendendo Teng, va dato rispetto. Essi sono lavoratori ***rossi*** ed ***esperti*** e più di tutti hanno diritto, per le loro responsabilità sociali,

ad un'educazione politica e professionale spinte. La generazione di punta è quella dei *docenti dell'età di mezzo,* capaci di ereditare il passato e di inventare il futuro.
Ogni docente dovrà essere ricercatore; e la sua figura pubblica impone che egli venga sottoposto ad un periodico sistema di esami. Si deve andare avanti per merito, non per anzianità. L'esito della prova farà aggio sia sulla carriera passata che sul periodo di formazione. Sarà questa la via per creare il ruolo dei 'Docenti di Grado Speciale', da remunerare adeguatamente.
Quanto alla ricerca, s'è già detto che essa ha due valenze aperte: da un lato l'insegnamento, dall'altro il lavoro.
Ma gli stupidi eccessi della banda dei quattro vanno cancellati. Il lavoro materiale come tale, se protratto oltre certi limiti, può essere uno spreco di tempo e di energia per il ricercatore-docente. In ogni caso, deve essere coerente con la sua attività ed assicurare sempre l'interscambio equilibrato fra i tre fattori (didassi, ricerca, lavoro manuale).
La selezione dei talenti, infine. L'esame di ammissione all'Università, ora reintrodotto (si tengono prove nazionali, in giorni stabiliti — come da noi per la maturità — divise in due branche, l'umanistica e la sperimentale), ha dato buona prova. Non solo, ma il 'sistema esame' va allargato, nel senso che chiunque abbia raggiunto, anche con propri mezzi, una preparazione di qualsiasi livello deve aver riconosciuto il diritto a sottoporsi ad un esame che ne certifichi le capacità acquisite.
Concludendo, si avvia una campagna socialista di emulazione formativa capace di rimodellare il Paese.

IV IL DIBATTITO SULLA SELEZIONE

Il ritorno alla selezione — cioè alla meritocrazia, all'agonismo, alla collocazione gerarchica — in un Paese che ha vissuto e vive l'egalitarismo come una conquista e come una norma e che di tale condotta interiorizzata fornisce quotidianamente prove irrefutabili, è stato ed è motivo di dibattito acceso. Ciò prova tante cose. Anzitutto, che i comandi della nuova *leadership* non cadono dall'alto su di una platea passiva, come molti occidentali amano credere, e che la platea non è affatto, per dirla con una nostra categoria, qualunquista (« ci dite che prima siamo stati imbrogliati, ora che la musica cambia siamo autorizzati a pensare che sotto sotto c'è un altro imbroglio, aspettiamo la nuova musica »); che il gusto del dibattito è esteso, e che in effetti la gente comune sente e vive, talora in maniera puntigliosa e irritante, ma comunque con una presenza attiva, il nuovo clima.
Prendiamo appunto, ad esempio, il dibattito sul ritorno alla selezione svoltosi sul filo della Conferenza Nazionale dedicata a questo argomento nel maggio di quest'anno.
La prima accusa al nuovo sistema selettivo degli esami è scaturita dai

risultati. I figli di operai e contadini, ammessi all'Università a seguito dei nuovi esami, sono stati di numero in proporzione inferiore alla consistenza delle due classi. Si ripropone così un tema tipicamente occidentale e cioè la riproduzione del consenso, attraverso la formazione scolastica, come chiaro effetto-causa della stratificazione sociale.

Le autorità si sono affannate a fornire dati statistici che appaiono per la verità deboli. Quando è stato fatto osservare che, per converso, il numero degli studenti ammessi provenienti da famiglie intellettuali (questa categoria include in Cina i professori universitari, gli scienziati, gli artisti e gli insegnanti elementari e medi) era enorme rispetto alla consistenza della relativa classe, la colpa della situazione — ammessa, quindi — è stata addossata alla banda dei quattro che dissuadendo i giovani dallo studio serio (era stato considerato eroe lo studente Chan Tieh-sheng che aveva osato presentare agli esami il foglio in bianco) avevano in realtà posto le premesse per una discriminante positiva a favore dei giovani provenienti da famiglia intellettuale. Si aggiunge che ci si propone di raddrizzare questo squilibrio in futuro, quando il livello della scuola elementare e media sarà universalmente uguale e quindi le disparità di classe saranno tagliate alla radice. E si precisa che il metodo della 'presentazione', adottato al tempo della rivoluzione culturale e cioè della 'candidatura' di studenti da iscrivere all'Università, avanzata da fabbriche, comuni agricole ed in genere organismi di base, non rispondeva a criteri di merito dei candidati in quanto solo formalmente era democratico, ma in realtà veniva inquinato dalle manovre dei gruppi di pressione più potenti.

Meglio, allora, si sottintende, l'obiettività di un esame.

Un'ulteriore obiezione. Il nuovo sistema ha ricollocato al comando i 'voti', ristabilendo l'ingiustizia delle diverse origini e consolidando le tre principali differenze, quelle fra la città e la campagna, fra gli operai e i contadini, fra il lavoro manuale e quello intellettuale.

La risposta del Potere è stata assai franca. Non ci si può illudere che nel periodo del socialismo — noi diremmo nella fase di transizione — gli effetti delle differenze di classe possano essere interamente cancellati. Si è allora data la priorità ai figli di contadini ed operai o ai giovani provenienti dalle aree di frontiera o appartenenti a minoranze etniche, ma a parità di condizioni, quando cioè essi avevano almeno raggiunto il livello medio minimo degli ammissibili. E anche qua viene lanciata una grossa scommessa sull'avvenire. Oggi, in fase di transizione, *i mezzi di produzione non sono possesso della collettività nel suo insieme, ma dei gruppi di lavoratori che li adoperano*. Si riproduce così, in termini diversi ma con identità di sostanza, una condizione tipica del capitalismo ove solo una classe possiede, appunto, i mezzi di produzione. Pure in un quadro socialistico, insomma, i nostri amici cinesi ammettono che c'è nella loro struttura una dimensione per così dire capitalistica. Quando, ottenuto il comunismo, i mezzi di produzione apparterranno al *popolo nella sua interezza*, le differenze di classe scompariranno definitivamente. Si sarà intanto ottenuto — e ciò evidenzia il ruolo della scuola e della scienza — un avanzamento decisivo

nella cultura e nell'istruzione generalizzate (estese cioè alle grandi masse), di modo che le residue differenze dovute alla 'discriminazione educativa' verranno eliminate: l'operaio di oggi avrà il livello culturale del personale tecnico o ingegneristico dei nostri giorni, i contadini saranno tutti, con la meccanizzazione integrale, 'agro-tecnici', in una parola le attuali differenze di classe spariranno: e così, di conseguenza, le disparità dinanzi alla scuola ed alla cultura.
Ancora una volta, il comunismo come grande speranza dell'umanità.

V LA DOPPIA TETRALOGIA

Con un che di cabalistico, la società cinese è oggi ristretta alla ripetizione ininterrotta di quella che definirei la doppia tetralogia: l'esecrazione della 'banda dei quattro' (Wang Hung-wen, Chang Chun-chiao, Chiang Ching e Yao Wen-yuan) da un lato e l'esaltazione delle quattro modernizzazioni (agricoltura, industria, difesa, scienza) dall'altro. A tutti i livelli, dai Rettori di Università al cittadino comune, dai testi scritti a quelli gridati dagli altoparlanti sui treni o nei locali pubblici, il coro di questa doppia sfida è unanime. Ci siamo liberati dal *quadruplice Maligno*, avanziamo verso *quattro Mete radiose.*
E pur nella soggettività ed epidermicità della fugace impressione di un viaggio, questo bipolarismo psicanalitico si manifesta condiviso e radicato nell'animo della gente. A me, vecchio laico occidentale, è apparsa imponente la *presa di questo credo* che affiora alla coscienza collettiva e che si traduce nei comportamenti quotidiani delle persone, dalla fede dell'alto dirigente nella società comunista a venire, alla laboriosa partecipazione di tutti al proprio lavoro: lavoro 'statizzato' diremmo in Occidente, ma eseguito con lo stesso impegno che da noi si registra solo di fronte all'agognato profitto individuale. Come potrebbe spiegarsi, se non in virtù di questa presa, l'esasperazione di un egalitarismo esibito come da noi gli *status symbols*; o l'accettazione di un tenore di vita chiaramente basso, ma vissuto con dignità suprema; o di ritmi di lavoro che a tutti i livelli impegnano i cinesi otto ore al giorno per sei giorni la settimana a turni di riposo sfalsati e per cinquantadue, dico cinquantadue, settimane all'anno, restando lì ignoto l'istituto delle ferie?
E tuttavia quest'etica non basta a spiegare lo iato tra il vecchio ed il nuovo corso. Né basta, penso, agli stessi cinesi per un esorcismo definitivo del passato.
Ancora una volta, dunque, la chiave di volta rimane la stagione della Rivoluzione Culturale o, più esattamente, la *Grande Rivoluzione Culturale Proletaria.*
Che ogni riferimento positivo a questa stagione sia oggi bandito, ma che essa torni ininterrottamente al pensiero ed alle labbra di tutti, in Cina, è un fatto da meditare. Gli osservatori occidentali sogliono ritenere che l'insistenza del riferimento potrebbe nascondere il timore dell'attuale

classe dirigente di un ritorno al passato o del passato: se ne inferisce che la banda dei quattro non deve essere proprio fatta di quattro gatti; se non altro, poi, perché i quadri del partito ne furono per dieci anni sostenitori convinti (con potere annesso); ed anche se il partito come tale è una minoranza — 36 milioni appena di iscritti su quasi un miliardo di cinesi — questa minoranza è quella che conta e ancor oggi avrebbe nel suo seno molti nostalgici.

Questa osservazione a me sembra il classico trasferimento di uno schema mentale dell'Occidente ad un diverso contesto. Schema per schema, ne preferisco uno diverso, più vicino, credo, alla realtà cinese.

Direi che oggi la GRCP — o la banda dei quattro — sono il *Male in assoluto*, il Diavolo della tradizione cristiana fino al credo di Paolo VI, ma il *male che occorre* per poter apprezzare il bene e lottare per costruirlo. Il fenomeno è complesso e include l'invidia dell'Eroe presente nelle pieghe più oscure dell'animo umano, il desiderio inconscio di ucciderlo e di ereditarne le idee-guida.

Non per nulla la linea ufficiale è che *solo* il nuovo corso interpreta e realizza autenticamente il pensiero di Mao, che la banda dei quattro fu una nefasta deviazione e che *ora* si è tornati all'uso corretto della grande eredità. Ma, per l'appunto, *allorché questa diviene eredità* e cioè dopo la morte di Mao. Lo schema ha un punto debole: come si spiegano i dieci anni della GRCP condotta in persona dal Grande Timoniere? La risposta è pronta: Mao non poteva sbagliare; sono stati i quattro a carpirne la buona fede, approfittando anche dei suoi ultimi e forse deboli anni. I conti così tornano al completo: la fedeltà al Mito, alla linea da lui tracciata, la lotta vittoriosa ma tuttavia *sempre aperta* sul Male, nonché la possibilità di riciclarne i frammenti utili nel quadro della enorme figura del Grande Capo, l'andare avanti per la strada nuova. Si delinea in tal modo un'etica della *Restaurazione* non certo carlista, quanto piuttosto sul filo di una continuità evolutiva e rasserenante. I nuovi dirigenti recuperano in questo quadro la tradizione e ne fanno nerbo di identità e di cambiamento: proprio adesso che ci si apre al mondo, occorre avere l'occhio attento ai propri valori, per non straniarsi. L'etica rigorista della GRCP mentre chiudeva i confini, tagliava anche col passato, giocando la scommessa perduta dell'orgogliosa autonomia. Il modello ora è capovolto e così ci si avvia insensibilmente a quello che a me sembra il futuro prossimo, la *demaoizzazione della Cina*; che avrà certamente tempi e modi di attuazione diversi dalla destalinizzazione, ma che, ancora albale, è altrettanto irreversibilmente impostata. Il graduale trapasso viene assicurato sul filo, anche, di una *continuità* che è spontanea, specie ai livelli più bassi.

In una lettera al periodico *Nuova Cina* un giovane studioso italiano[5] ricordando che il campo dell'istruzione è stato molto curato dalla banda dei quattro, annota, riferendo una sua personale esperienza, la linearità sostanziale di questo processo: « È a tutti noto — egli scrive — che la definizione 'lezioni a porte aperte' è dovuta ai 'Quattro'. Gli intellettuali cinesi, e la stampa cinese, fanno salti mortali per evitare di usare tale di-

citura; preferiscono: 'partecipare alla pratica produttiva', 'imparare dagli operai-contadini-soldati', ecc.
Debbo confessare che anche per me è stato difficile abituarmi alle altre definizioni non per cattiva volontà o per opposizione ideologica, quanto perché l'abitudine è assai difficile da vincere. Arrivati, trasportati con un camion con tutto il nostro necessario per vivere due settimane in fabbrica — coperte imbottite, termos, catini, biancheria, libri, quaderni, giacche e calzoni vecchi da indossare durante i turni di lavoro, ecc. —, siamo stati ricevuti da membri del comitato rivoluzionario (in via di eliminazione, in quanto non più necessario per il fatto che il comitato di partito ha ripreso in mano le redini della gestione della fabbrica), e dagli operai della squadra a cui eravamo stati assegnati.
Nel corso di tale riunione di benvenuto, durante la quale ci è stata fatta una breve ma esauriente storia della Fabbrica dalla Liberazione ad oggi, il nostro maestro-operaio (*Shifu*) ha tenuto più volte a sottolineare l'importanza del lavoro manuale, della partecipazione diretta alla pratica produttiva da parte di studenti e professori che attraverso tali 'lezioni a porte aperte' sono in grado: 1) di rendersi conto di persona di cosa sia il lavoro produttivo, 2) di scambiare esperienze con gli operai attraverso discussioni politiche sui più diversi argomenti e 3) di imparare dagli operai che cosa significa nella pratica uno stile di lavoro proletario, cosa questa che aiuta gli intellettuali a rivedere la propria concezione del mondo e ad adottare anche nel lavoro intellettuale uno 'stile' il più possibile vicino a quello degli operai.
Il maestro-operaio, nel suo discorso diretto, semplice, immediato, privo di qualsiasi fumosità, ha più volte adoperato il termine 'lezioni a porte aperte' senza mostrare il minimo imbarazzo (evidente, invece, sulle facce di alcuni professori e studenti) di fronte a tale espressione dei 'Quattro', dando in tal modo a tutti noi una lezione (politica) di quanto spesso siano inutili le etichette e il cambiamento di tali etichette, mentre il fatto importante è e rimane la realtà che tali etichette definiscono. Allora, non c'è nessun pericolo nel seguitare a chiamare 'lezioni a porte aperte' le lezioni a porte aperte anche se l'invenzione linguistica è dovuta ai 'Quattro': l'importante è che gli studenti seguitino a partecipare al lavoro produttivo nel corso dei loro studi universitari, a fare le ... 'lezioni a porte aperte' ».
Il rodìo del Grande Spettro della GRCP mi è parso tuttavia più lacerante di quanto appaia da questa omologazione semiotica. Il fatto è che la banda dei quattro non è tanto un cadavere insepolto quanto una sfida ancora presente.
Insistiamo ancora un momento sull'area formativa. La rivoluzione culturale aveva rilevato in questo settore due tendenze ('*the two estimates*'): prima, che una linea revisionista aveva dominato il settore dell'educazione durante i 17 anni che corrono dalla fondazione della Nuova Cina fino al 1966; e, seconda, che l'area elettiva della più gran parte dei professori e degli studenti era quella borghese, sì che essi potevano essere tranquillamente classificati tra i nemici di classe.

Francamente, dal punto di vista della cultura proletaria — e cioè da quello di un egalitarismo assoluto — è innegabile che le cose siano state e stiano così. È la struttura stessa del sapere — il nostro '68 insegna — che lo trasforma immediatamente in potere. Tu puoi anche pagare un professore di liceo, come accade da noi, meno di un metalmeccanico: ma che la 'sua cultura' ne faccia un dominante, anche talora solo potenziale, rispetto alla recessività di chi non possiede la sua griglia mentale, è incontrovertibile. Un altro episodio citato da Mantici è illuminante. Ai recenti nuovi esami di ammissione ad una Università di Shanghai, si presentano due allieve, figlie di un famoso scienziato del posto. Sono riuscite ad evitare, mercè il loro illustre papà, il lavoro manuale, sanno un ottimo francese, fanno un esame brillantissimo: risultano le prime fra i mille candidati. La Commissione — pur nel nuovo clima meritocratico, — le esclude, proprio perché sono state troppo 'favorite' dall'ambiente familiare, a riprova che l'esperto non vince sempre sul rosso.

Il fattarello è emblematico, e di tante cose. Prima fra tutte, che la stratificazione sociale, come si accennava, è ancora ben salda in Cina pur dopo i dieci anni della GRCP.

Secondo, che i ventagli dei redditi persistono ancora (la scala attuale va dai 65/80 yuan mensili di un operaio, ai 300 del professore universitario che sta al top della locale giungla retributiva: 1 yuan è pari circa a 500 lire, ma il costo medio della vita è drasticamente più basso che da noi); terzo che quella esclusione è solo un fatto esemplare e sacrificale e mal si attaglia al nuovo stile meritocratico; quarto che il potere del sapere (almeno quello del potente papà) è pur sempre imperativo, perché chi sa mille parole è obiettivamente sempre padrone. E allora non avevano tutti i torti i quattro della banda, col loro rigorismo robespierriano. Resta il fatto che essi hanno perduto e perciò hanno finito con l'avere, *comunque*, torto; il torto, però, di chi disegna un modello perfetto, lo vuole coerentemente realizzare, ma non tiene conto di un'isteresi troppo lenta della realtà.

L'esperienza del Termidoro può essere utilmente riletta. E Hua la riprende, presentando i suoi numeri. Eccolo, con linguaggio occidentale, dire soddisfatto il 7 luglio 1978 alla Conferenza finanziaria e commerciale, svolta sotto il simbolo di Taching e Tachai (sono, rispettivamente una fabbrica e comune agricola esemplari) che le statistiche della prima metà del '78 mostrano un aumento della produzione industriale di ben il 24% sul corrispondente periodo del 1977, superando così gli obiettivi del Piano. Ma se si pensa ai livelli di partenza, aggiunge il prudente Premier, i livelli ai quali i quattro della banda ci avevano ridotto, non c'è molto da rallegrarci. Tanto più, aggiunge, che dobbiamo confrontarci con i Paesi più avanzati. Quindi, lavorare più sodo è imperativo. Ed ancora più finemente impostata appare la sfida col modello capitalistico. Sentiamo Hua: « Fondamentalmente, il nostro sistema politico-economico socialista è di gran lunga superiore a quello capitalista. Ciò è fuori questione. Ma molti aspetti della nostra sovrastruttura e degli apporti produttivi non sono ancora perfetti. Ci sono ancora legami molto deboli fra il nostro sistema politico e

quello economico: e ciò è incompatibile con l'obiettivo delle quattro modernizzazioni ... In questo quadro, dovremmo essere capaci di combinare i vantaggi del sistema socialista ... con la scienza e le tecnologie avanzate ed i metodi manageriali degli altri Paesi e con una lotta a fondo per raggiungere e sorpassare i livelli tecnici ed economici delle più avanzate Nazioni capitalistiche »[6].

E questa sfida va condotta — il che è la più sorprendente svolta ideologica del nuovo corso — riconoscendo l'*imprescindibilità delle leggi economiche che fanno aggio sulla stessa politica:* « Alcuni compagni — conclude Hua — pensano che è possibile porre al comando la politica, trascurando le leggi obiettive dell'economia e che riconoscere le leggi economiche equivale a negare il primato della politica. Questa tesi è radicalmente sbagliata. La politica proletaria può essere collocata al comando solo in accordo con le leggi economiche, perché i due aspetti sono unitari ».

Il neo-pragmatismo della dirigenza cinese trova in questa virata di gradi 360 il suo momento emblematico.

Ne assicura il successo un popolo di formiche che va disciplinatamente a letto alle otto di sera ed alle sei del mattino si avvia al lavoro, a piedi o in bici, a passo di danza.

S. A.

DATI SOMMARI SUL SISTEMA SCOLASTICO CINESE

Popolazione totale:	900.000.000
Popolazione scolastica:	200.000.000
Corpo docente:	9.000.000

Gradi di istruzione: 3

I - *elementare*: (durata: 5 anni, a partire dal 7° anno di età) 1.000.000 di scuole, 150.000.000 allievi;

II - *secondario*: (durata: 5 anni, in due cicli di 2 e 3 anni) 67.000.000 allievi;

III - *Università* e istituti universitari:

a) 460 Università: 620.000 studenti (+ 280.000 nuovi iscritti nel 1978). Nel 1978, 6.000.000 di richiedenti per 280.000 posti

b) 20.000 'Università 21 Luglio' per operai (gestite dalle fabbriche)

c) 2.500 'Università agricole 7 Maggio' per le zone rurali (gestite dalle Comuni agricole popolari)

Istruzione obbligatoria: da 6 a 15 anni (entro il 1985)
(da 7 a 14 anni nelle campagne)

Analfabetismo: dichiarato estinto nel 1975

Fonte: Ambasciata d'Italia a Pechino.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 I commenti qui formulati si basano su di un breve viaggio di lavoro compiuto, tra l'agosto ed il settembre del 1978, da una delegazione italiana incaricata di studiare le possibilità di un accordo culturale tra il nostro Paese e la Repubblica Popolare di Cina. Il Gruppo, presieduto dal Ministro della Pubblica Istruzione Sen. Mario Pedini, era composto dal Direttore Generale del Ministero degli Esteri Sergio Romano, dal Presidente di Sezione del Consiglio di Stato Giuseppe Manzari, dal Prof. Alberto Boscolo in rappresentanza del CNR, dal Prof. Filippo Castellano, Capo della Segreteria del Ministro, dall'Ing. Flavio Mondello della CEE, oltre che da chi scrive, nella sua qualità di Direttore Generale degli scambi culturali del Ministero della P.I. - Preziosa l'assistenza dell'Ambasciatore Italiano a Pechino, Francisci e degli addetti scientifico Prof. Martinazzoli e culturale Prof.ssa Carletti. Una pregevole relazione è stata stesa dal Prof. Boscolo per il Presidente del CNR.

2 O.E.C.D., *Science and Technology in the People's Republic of China*, Paris, 1977.

3 vedi S. AVVEDUTO, *L'uomo in quanto ricchezza* e *La società scientifica*, Etas Kompass, Milano, 1968 e 1969.

4 Le citazioni si riferiscono ai testi dei discorsi di HUA, TENG e LIU alle due Conferenze (quella sulla scienza del 18-31 marzo 1978 e quella sull'istruzione del 22-30 aprile 1978) citate nel testo. L'edizione, in lingua inglese, è quella ufficiale, distribuita dal Ministero della P.I. di Pechino.

5 vedi GIORGIO MANTICI, *Lettera a 'Nuova Cina'*, Shanghai, Luglio 1978.

6 Traduzione ufficiale inglese del testo del discorso di HUA KUO-FENG alla Conferenza sulla finanza ed il commercio del 7 luglio 1978.

Education and Science in the Framework of the Restoration Policy in China

SAVERIO AVVEDUTO
Università di Roma

WHAT IS CHINA TODAY? - I

One possible answer to this question might be that there are many Chinas, just as there are many Italys (and this holds true for any other country). Therefore any single comprehensive definition which the question seems to call for would sound incorrect or largely arbitrary. This is even truer if one thinks of the enormous size of that 'continent'.

Many a China, then. One further consideration to be made is that any decent perception of the multi-polar reality of China, is objectively difficult to achieve especially to a foreigner, particularly when he, like the author of this paper[1], does not know the Chinese language. We have to admit that the latter prerequisite — as the semiological analysis of our time has vigorously confirmed that, along the lines of idealism and Jung's philosophy, there is an identity between language and well-defined thought — will strongly affect this as well as any other attempt at penetrating China's reality.

Even an insider, however, would apparently meet with some difficulty if he tried to adopt one single standard of measurement. I do not mean only the difficulties inevitably brought about by social stratification, a phenomenon which, in its own way, is objectively present in today's China and includes everyone from illiterate peasants up to the Palace Group. I mean those which more subtly concern ways and means to the acquisition of knowledge and which, I believe, are not exclusively western.

In this respect, several important problems can be mentioned, such as the lack of reliable statistics (for instance, the Academy of Social Science has no Department of Sociology — a trifle compared to the lack of a Statistics Department); no public budget in Western terms is available (what we call 'revenue' does not exist since people do not pay taxes, and currency fluctuations are independent of any such domestic balance fluctuations as characterize our economies); the very manner in which ideas are transmitted, through halting reticence and ample use of metaphor (the cultural revolution, as is known, originated from a newspaper article dealing with issues apparently far removed); all this, while making us aware that the key to China's reality, even from inside, is quite different from the one we customarily use, must also make us very careful in acquiring local products for 'western' purposes, including those of science which are rigorously constrained inside a unipolar ideological framework.

One final remark concerns the time dimension. We should not take for granted that China is living in our own century. It is like comparing America, for instance, to Europe or to third world countries. It remains to be seen whether China is running one or more cycles ahead or behind, or even whether it is orbiting in an independent way.

THE FALL OF THE GREAT WALL - II

The Great Wall stretches about 1,500 miles, or, better, it used to stretch that far, for now it is a heap of debris and only a limited

portion has been rebuilt and is being maintained as a tourist attraction.
Something of the kind seems to have occurred to post-Mao China. Western observers and the Chinese themselves are amazed at the occurrence of such a rapid change, let alone the fact of its actually having taken place. 'Hustle', 'self-confidence', 'pragmatism', and other similar expressions are often read in western newspaper articles in their attempt to define China's new course.
The Peking Hotel in the capital city (the official residence of foreign delegations) is the busy abode of visitors from abroad who are catered to with extreme consideration. The ritual is always the same and seems to date back to the Kissinger-era: a black limousine for the head of the delegation, followed by smaller cars for the lower-rank retinue; halls reserved for dinners, meetings, conferences; group photographs inside the 'Palace' (normally one of Parliament buildings) to mark the visit to one of the top Chinese leaders, which are duly published in the *People's Daily* the following day.
What's behind this facade? One possible answer can be found in the uniform attitude of those who are in charge of both political and administrative affairs. China feels ten to twenty years behind the West as regards economic growth, and they admit it's true. Filling this gap is their goal, their fixed idea, their neurosis. They want to catch up with us. Those who feared China's nearness in the sixties are confronted, now that the Great Wall has collapsed, with a nation that is aware of its present third-world condition, but is all out in a race which amazes and perplexes us. After all, an imaginary ideologically self-contained China, a rice and tea repository, suited the West. And now that an ever increasing mass of one billion Chinese is about to overflow we fear that the world balance is at stake.
Industrialists are earnestly seeking to establish business relations with China, but they are wondering right now what is going to happen once that continent starts large-scale industrial production at lower costs. West politicians begin to fear the alliance belt running from Pakistan to Belgrade. The Russians show signs of claustrophobia. The three-world Maoist theory which suggests using minor industrialized countries like Italy as a crowbar is doing the rest. To reassure us all, a forecast announcing the end, within a few years, of the Chinese new course appears to be indispensable. People keep saying, « it won't last, it's not possible. China is too much of a 'go-between empire' to want to get out of its boundaries. Five years from now it will be all over. After all, China as an 'ideological laboratory' was so convenient. Why shouldn't they go on testing on their own skin the idea of a perfect society? ». The present, however, is just what it is; and the rapidity and scope of the change, compared to the recent past, cannot be denied. The Chinese are aware of this. Instead of celebrating the second anniversary of Mao's death, it seems they were celebrating the two thousandth anniversary. The visitors who, every other day, are rushed across the refrigerated hall where the Great Leader and Poet's mummified face can be seen in a crystal urn do not realize that many light-years have elapsed since September 8, 1976. This leap ahead is being felt in minor events too. The challenge to the West moves on so rapidly that a book on scientific research in China, published in Paris a few months ago, is now considered obsolete[2]. The Chinese, however, do realize they are changing fast.

EDUCATION AND SCIENCE TO SERVE THE MYTH OF GROWTH - III

And the feeling of change is quite obvious. There is no fear of going wrong in stating that today's China is prey to the same myth of growth which clutched the West in the Sixties and which is responsible for our present way of life as well as for our current anxieties.
Two important Conferences were held in China earlier this year, namely the *National Finance and Trade Conference on Learning from Taching and Tachai*, where Premier

Hua delivered the opening speech, and the *National Educational Work Conference* presided over by Peking's second in command, Teng-Hsiao-Ping. Since then the new course has been characterized by the same craving for well-being which the West experienced twenty years ago while growing.

The official documents of the Conferences reveal a startling analogy with the western capitalist model of the sixties. Their cultural background is the exact replica of OEEC Documents, which are among the most refined analyses conducted in Europe, under American sponsorship, at that time.

I was therefore greatly tempted to offer my Chinese friends a copy my works concerning the employment of human capital in education and research, published in the 1960's[3]. The external appearance is, of course, unchanged. Each speaker, from Hua to Minister of Education Liu-Hsi-yao and others, pays his tribute (I will return to this in a moment) to Mao's thought and utters execration against the 'gang of four'. Soon afterwards, however, the context takes a freer course and turns definitely to the economy.

The ultimate goal is to « transform China into a powerful, modern socialist country »[4]. Education and research must therefore be oriented towards this goal and must be considered as a dependent variable of the « national economic development ». Thus it becomes imperative to train the scientific and technical personnel required to achieve this end and to combine education with productive work. Consequently, not only will it be possible to « bear in mind immediate needs », but also to « take into full account the trends of development in modern science and technology ».

The latter issue haunts our Chinese interlocutors. At all levels they ask for science and technology, exhibit their own science and technology, request our scientists and technologists, offer to send their own.

The entire system must serve this purpose. Consequently they are adamant in reshaping their ideology. The most sensational victim is the myth of equality. In Teng's own words, « while encouraging and helping everyone to work hard, *we have to admit the disparity in the abilities and moral qualities of different people* ».

There follow very strict selection criteria: university entrance examinations are reintroduced, and meritocracy is in full swing once again. « From now on » — Teng continues — « not only secondary schools and colleges must make an overall examination of the applicants in respect to their moral, intellectual and physical levels and *enrol only those who are outstanding*; all departments should gradually do likewise and, in increasing their work force, give priority to those who are outstanding ».

A wind of selective emulation seems to be blowing across the Chinese educational and scientific world. The title of 'Key University', created in 1977, has been awarded only to 88 of the nearly 500 higher education institutions existing in the country. It takes a lot of hard work to win the award and the title can always be withdrawn.

The 'gang of four' used to move teachers to farming jobs in the countryside (the man in charge of a 'production brigade' in an agricultural commune at Hang-chow told me he had several of them under him and that, after a short adjustment period, they would work satisfactorily). Now the teacher's function is regaining full recognition, and his social and political status is being up- graded. « They should command the respect not only of the students but also of society as a whole », states Teng. This is sufficient, of course, to win for the new course the support of nine million teachers and make them a spearhead in the struggle for the future. In fact, all the teachers we have met seem to have been revived from a state of profound dejection. « *Nunc iam redit animus* », Tacitus used to write in honour of Nerva for overcoming the gang of four of *his* time (but present day 'emperors' in China do hold their sway!). The educational pyramid encompasses teachers as well: the best among them receive the title of 'teachers of special grade'. Finally, even though substantial economic benefits cannot be immediately granted to them owing to the present situation,

they are going to enjoy full priority in wage increases, it is claimed.
This is how the educational workshop should cope with the formation of human end-products: « We should work hard to inculcate in young people the revolutionary style of learning diligently, observing discipline, loving physical labour, taking pleasure in helping others, working hard and daring to fight the enemy; in that way they will be trained to be fine and competent personnel, loyal to the socialist motherland, to the revolutionary cause of the proletariat and to Marxism-Leninism-Mao Tsetung-Thought ».
But the main purpose of Chinese leaders consists in stressing that we, the observers, are not in the presence of different theoretical models, be they old or new, western or eastern in their aspect: we are just facing a definite political choice.
The overall picture is shown in the *Ten-year Plan for the Development of National Economy* (1976-1985) with which all components must be compatible, from agriculture (a National Conference was held in October 1975 at which Hua-Kuo-feng, then not yet No. 1 of the Chinese political hierarchy, was a rapporteur) to finance, commerce, industry (June-July 1978 Conference), and to education and science, as I said before.
The stages of the plan are based on the famous 'four modernizations', namely *agriculture*, *industry*, *defense* and *science and technology*: the very use of the term 'modernization' reveals the ample scope of the reform.
Let us now draw a brief sketch of the last segment of the plan, i.e. science and technology, which involves also the problem of training.
The sub-system 'education-research' has received special attention. The science plan has been worked out by Vice-Prime Minister Fan-Yi and was approved at the afore-mentioned March Conference. Hua himself inaugurated the works. It was as if in our country the Prime Minister and the President of the Republic took upon themselves the responsibility of research. It's too good to be true!
The objectives chosen are neither vague nor remote, and they observe the following priorities: first comes *agricultural research*, the primary purpose being the achievement of complete farm mechanization by 1980. The agricultural research network is impressive: it spreads throughout the country according to the principle of the 'research cell' operating in close connection with each unit of production (a principle which is at work there, while still on paper in our country). The people's agricultural communes total 52,800 and are divided into 680,000 production brigades and 4,800,000 production teams.
Each commune has its own *agricultural research centre*, and *research sub-groups* operate in the brigades. Even within each team smaller units are active in order to enhance agricultural experimentation and relate production to local needs. Our Chinese friends are proud of their *large-scale research network*, designed to achieve what even for us is one of the most ambitious goals of scientific activity, namely its close connection with the needs of society at large. If one considers that the Maoist revolution was an upsurge of the countryside against the city, agricultural research plans can be seen as a most orthodox projection into the future of the Great President's revolutionary tradition. The central agency which coordinates the work of about 30 regional institutions is the *Academy of Agriculture*. It also conducts its own independent research activity.
Other specific scientific objectives are being pursued, such as (in order of priority) science of materials, computers, space, genetics engineering, sources of energy (traditional and alternative), laser technology, tele-control. Nuclear research is particularly active as part of defense plans. All these sectors appear to have been clearly chosen in consideration of their immediate relevance to economy rather than to social needs.
This tendency towards *science for development* which pervades the entire Chinese society is indeed noteworthy. Research today serves *exclusively* the purpose of the country's economic growth. China's fixed idea is

to learn about our rate of expansion and find out how we managed to achieve our production levels. It's no use trying to pose theoretical problems or asking to investigate possible models of society together. It's no use even trying to show the price we had to pay and are still paying for the myth of development: they do not understand the issue, it escapes their culture. Or maybe we should better persuade ourselves that the cost of underdevelopment is even higher.

Having set aside, at least for the moment, the myths (or false myths) of the West concerning more less pure or applied research, China's leaders have placed science on the track of national growth by explicitly connecting it with agricultural and industrial production and with defense.

Even the structure of government has been shaped along these lines and the Committee on Science and Technology, presided over by Fan-Yi has powers and responsibilities connected with the above three sectors into which research is to be made to flow.

The plan for science has not yet been made known in detail; from the leaders' remarks at the Conference (available in the official English version) it is, however, possible to identify general directives and priorities.

Absolute priority is right fully assigned to the training of research workers, i.e. senior scientists engaged in basic and applied research (though not in development research). Thus the Chinese expect to have 200,000 research workers by 1985 (according to OEEC estimates, they totalled about 575,000 in 1975). The goal, then, is one research specialist for every 1,000 inhabitants, plus an additional 1,200,000 intermediate technicians necessary to put into practice the work of the 800,000 scientists, thus bringing the total to *two million full-time research workers* (again to the exclusion of development research).

The second objective is the establishment of a certain number of nation-wide, advanced research 'centres' in the sectors mentioned above.

In line with the new policy of opening to the West, the Chinese not only accept, they advocate cooperation and participation plans. Minister Fan-Yi has asked Minister Pedini for scientific, technological and related research projects. The present moment is particularly favourable to our research workers as well as to government agencies and private Italian concerns. Starting this coming academic year, the Chinese are going to send eighty research workers to Italy at the expense of their government, and they are willing to plan joint ventures in detail. An exchange of leading scientists has also been planned, and possible joint projects will be arranged for the implementation of the results of research. The spectrum of possibilities extends further to include *120 major projects* closely connected with the policy of development. They include a series of infrastructures (among which are 30 power-stations, 10 steel mills, 9 non-ferrous metal processing centres, 8 refineries, 10 oil fields, 6 railway systems, 5 maritime ports) to be built in accordance with advanced technologies, following typical methods of development research extending beyond prototypes.

It goes without saying that, from a strictly industrial viewpoint, three additional huge sectors are open, namely building construction, individual transportation and mass transportation, which are evidently technologically important.

The last section of the plan includes operational provisions among which it is worth mentioning the building of research structures not only at the site of Central Academies (something similar to Italy's National Research Council), but above all at local government level and in the major industries. The plan also concerns the hiring of personnel and their wages (the highest-paid class in China today is that of university professors) with the amount of salary depending on efficiency. Also incentives and work evaluation systems are provided. The relations with the international scientific community and the establishment of support structures (i.e. assistant teachers, secretarial staff, libraries, documentation centres, etc.) are also included in the plan. Summing up, the plan looks very much like an operational project,

quite different from our own unpleasant experience in planning.

More than 20,000 scientists contributed in the preparation of the 'plan for science' and 8,000 of them participated in its critical review. At the same time, political leaders are fully aware that science might trigger a rush to consumption similar to the one which maimed the growth of many western and other countries (such as Iran and Brazil) and which would have incalculable consequences for China, considering the size of the country.

As regards the formation and employment of new scientists, China is planning to send 10,000 students abroad each year. This trend is in line with the general progress of education in the country on the one hand (in 1975 it was announced that illiteracy had been defeated, with the exception of isolated, minor enclaves of no importance) and with the ravenous hunger for western science prevailing today on the other.

The fourth generation of scientists is now being trained. The first includes the older scientists educated in America and Japan prior to 1949; the second consists of research workers of the pro-Soviet period; the third comprises the young scientists harassed by the 'Great Leap' policy. The new course is now paving the way for a future which we must consider carefully as it concerns us closely.

The education plan presented by Minister Liu-Hsi-yao covers the period 1978-1985 and consists of four main points:

First: education must serve productive work. Hence the population is to be offered efficient vocational training, in addition to acquiring a socialist conscience and culture.

Second: the number of executives and managers to be trained must depend upon the estimates of the national economic development plan.

Third: curricula and educational materials must obey the requirements of modern science and technology.

Fourth: a fundamental issue is the *quality of education*. In this respect the keystone is *university education*, which exerts direct influence on the preparation for the professions, on teacher training, and on primary and secondary education.

As anyone can see, the plan is a higly complex matter, and I believe Chinese leaders are aware of that. Actually, governing an aggregate amount of 200 million learners and a teaching staff of 9 million people is an enormous task. (To have an idea of its size, suffice it to mention the difficulty of setting up school systems of average dimensions, like those of Europe: in Italy, for instance, there are some ten million students and one million teachers.)

The essential prerequisite for the successful implementation of the plan is a highly centralized executive power plus a well organized local network (i.e. the regions) and, above all, discipline and the determination to 'cooperate'.

Teachers in particular are willing to support the action of the political power, and this is obvious if one considers the many troubles that intellectuals in general and teachers in particular went through during the decade of the cultural revolution.

Sent to agricultural communes to be re-educated, ranking ninth (the 'stinking ninth category') among class enemies after the 'lords', the 'wealthy peasants', etc., teachers have found in the new course an unexpected element of self-assurance. The director of the Shanghai conservatory, whose music had been burned during the 'gang of four' period, is now taking his revenge by reviving Chopin, Beethoven, Mozart, etc. This is no projection into the future, but ... *primum vivere*. The sincere, very keen desire to move into the cultural framework of the West may mark the beginning of the necessary modernization process in this field too.

Liu's plan is very detailed with regard to higher education. Together with the more traditional 4- or 5-year university courses, a gamut of new openings is now offered: 2-3-year technical colleges, 2-3-4-year special courses for the acquisition of basic knowledge, and so on. A *mood* for decentralization is evident: each province, municipality or independent region is requested to provide

higher education facilities according to local needs; the central authority grants its approval and gives financial aid. Furthermore, the widespread use of radio and television in higher education, and the organization of evening and other special university courses in factories, agricultural communes, and elsewhere, may help to give an idea as to what Minister Liu intends to do between now and 1985.

'Key shools' deserve particular attention; these are the model schools which will be organized at all levels of elementary, secondary, technical and higher education. Their by-word is, 'the best students, the best teachers, the best graduates'. A spirit of emulation will then spur the other institutions, so that the general standard of education will soon improve. The emphasis is obviously on quality and quality control. The instruments for the implementation of the plan are *the teachers, research activities combined with work,* and *talent selection.*

Interpreting Teng's ideas, Liu states that teachers deserve respect. They are *red* and *expert* workers, and more than anyone else are entitled to receive political and professional education in view of their social responsibilities. The spearhead generation is that of *average-age teachers,* who are believed to be capable of inheriting the past and inventing the future.

Each teacher will have to be a research specialist; his public status demands that he be required to undergo a periodic examination so that any progress in his career can be assessed in terms of ability rather than of age. The test results will be considered more important than any previous training and achievement. Thus it will also be possible to form a group of 'teachers of special grade' receiving higher salaries.

As regards research, there are two outlets, as stated above, namely teaching at one end and work at the other.

But any exaggeration typical of the 'gang of four' period in this respect will have to be wiped out. Material labour as such, if extended beyond certain limits, may in fact become a waste of time and energy on the part of research workers and teachers. In any case, if it is to assure a balanced interaction between the three factors of teaching, research, and manual work, it must be consistent with professional activities.

Finally, to turn to talent selection. The university entrance examination which has been restored is similar to our graduation examinations (nationwide tests are being conducted on a fixed date on humanistic or experimental topics). The system has proved satisfactory and will be further expanded so that whoever has reached a certain level of education, even through private tutoring, will be allowed to sit for an examination aiming at assessing the level of ability.

Summing up, a drive is being launched inciting people to compete in the proper socialist sense, which is capable of reshaping the country.

THE DEBATE ON SELECTION - IV

In a country that has been experiencing egalitarianism as a conquest and a rule, and that is supplying undeniable evidence each day of its having firmly acquired equal status for all citizens as an internalized behaviour, the return to selective methods — i.e. to meritocracy, competition, and hierarchical standing — has aroused a lively debate. This fact proves many things. First of all, the orders from the new leadership do not fall from above onto a passive audience, as many people in the West are prone to believe, and the audience is not at all 'qualunquista', to use an Italian term[5] (« You say that we were cheated before, but now that the music is changed we feel entitled to think that, after all, this might be just another trick, so let's wait until the music changes again »); secondly, the debate is widespread and common people actually accept and live the new course — maybe somewhat stubbornly and punctiliously in some cases — but in a spirit of active participation.

Let's take, for example, the debate on the return to selection, which took place at a National Conference on this issue in May this year.

The first charge against the new competitive university entrance examination was raised because of its results. The children of workers and farmers who passed the examination were fewer than expected, considering the size of the two categories. A typically western problem thus presents itself, namely that of the 'replication of status' through the school, a situation which is the cause and effect of social stratification.

The authorities have tried to supply statistical data to the contrary, but they were too vague to prove anything. When it was argued that, on the contrary, the numbers of students from intellectual families (i.e. university professors, scientists, artists, and elementary and secondary school teachers) were enormous compared to the category they came from, the fact was admitted; but the blame was put on the 'gang of four' who, by distracting young people from serious study (a student named Chan-Tieh-sheng used to be considered a hero for producing a white sheet as his paper at an examination) had actually lent a helping hand to the young people from intellectual families. It was further stated that in the future this imbalance would be rectified once the level of primary and secondary shools was the same everywhere, hence eradicating class differences. It was also observed that the 'candidacy' method which was used during the cultural revolution period, whereby industrial plants, agricultural communes and other local organizations would choose their own candidates for university courses, did not take into consideration their ability as students and therefore only the external appearance was democratic, whereas in actual fact the more powerful pressure groups would exert their influence over the selection of candidates.

For these reasons, the examination system gives promise of better results.

One further objection is that, having reinstated the 'mark' as an overruling element, the new system has also restored injustice against students of lower origin, thus confirming the three main distinctions, namely between city and countryside, factory workers and farmers, and manual and intellectual work.

The leaders' answer has been quite frank. One cannot hope that during the period of socialism — in other words at a transition stage — the effects of class differences will be completely eliminated. Priority has been granted to the children of farmers and factory workers or to young people from frontier regions or belonging to racial minorities, but on condition that they satisfy the minimum requirements for admission. Here again a big challenge is being directed towards the future. At today's transition stage *the means of production are not in the hands of the people proper, but belong to the groups of workers who use them*. Consequently, a typical capitalist condition is reproduced whereby one class owns the means of production, even though on different terms. Our Chinese friends admit that even in a socialist framework their structure has a capitalist dimension. Once communism has been achieved, the means of production will belong *to the people in its entirety* and all class differences will disappear forever. Meanwhile a definite advance, stressing the role of school and science will have been attained in the field of culture and generalized education (i.e. extended to large masses of people) so that the remaining differences due to 'educational discrimination' can disappear: tomorrow's labourers are going to achieve the same cultural level as today's technical or engineering personnel; the peasants will all be 'farm technicians', thanks to universal mechanization. In one word, present-day class differences will disappear and so will, consequently, the differences with regard to school and culture.

THE DOUBLE TETRALOGY - V

Chinese society is nowadays constrained, through some kind of sorcery, inside what I should call the double tetralogy, namely the execration of the 'gang of four' (Wang-Hung-wen, Chang-Chun-chiao, Chiang-Ching and Yao-Wen-yuan) on the one hand, and

the extolling of the 'four modernizations' (agricultural, industrial, defense, scientific) on the other. At all levels, from university heads down to the man in the street, from written statements to the announcements through loudspeakers in the trains or in public houses, the chorus uttering this double challenge is unaninous: « we got rid of the *fourfold Devil*, we are now moving towards *four bright goals*.

No matter how personal and superficial the impression gathered during a brief stay, this psychoanalytic bipolarism has revealed itself as a fully shared and deeply rooted feeling in the minds of people. To an old western layman, the *grip of this creed* appears as the keynote in the general conscience as reflected in people's everyday behaviour, in the avowed faith in the future of communist society expressed by top leaders, as well as in the keen participation to intense work by all people. We would term the latter 'nationalized work'; yet it is being carried out with the same devotion as is reserved to personal profit in our country. How could we otherwise explain an exasperated equalitarian condition of which they are as proud as we are of our status symbols; or understand the endurance of very low standards of living, accepted with supreme dignity; or the performance of work schedules which engage the Chinese at all levels for eight hours a day, six days a week, with casual periods of rest all the way through 52 — I mean 52 — weeks a year, the idea of vacation being unknown to them?

This moral spur, however, is not sufficient to explain the gap between the old and the new course. Nor is it enough for the Chinese to get definitely rid of their past.

Once again, then, the crux of the matter is to be found in the cultural revolution or, more exactly, the *Great Cultural Proletarian Revolution* (*G.C.P.R.*).

Even though any favourable comment on that period is forbidden, its memory haunts everyone in China. Western observers incline to believe that any reference to that period on the part of today's leaders may conceal the fear of a relapse into the past. It is obvious that the 'gang of four' did not consist of just four poor fellows because, if nothing else, party members supported them for ten years (and shared their power); and even if the party as such has always been a minority with just 36 million members, this minority is powerful and somebody says that there are still many adepts who are nostalgic about the past.

This remark, however, sounds like the transfer of a typical western way of reasoning into a Chinese context. Now, if a way of thinking must prevail, I think it ought to be closer to the reality of China.

Therefore I daresay that today the GCPR or the 'gang of four' appear as an *absolute Evil*, like the devil of the Christian tradition (down to Paul VI's creed), but as an evil necessary to evidence the good and justify the struggle to achieve it. This is a complex phenomenon involving the concept of 'hatred against the Hero' buried in the darkest recesses of the human soul, and of man's unconscious desire to destroy Him in order to inherit his winning ideas.

This explains the official policy of the Party, based on the persuasion that *only* the new course can interpret and implement Mao's authentic thought; that the 'gang of four' was a harmful deviation, and that only *now* has there been a return to the correct use of Mao's great heritage. Incidentally, this is the right time to talk about 'heritage', since Mao is dead. But the scheme has a weak point: how to explain that the GCPR lasted ten years and was personally conducted by the Great Helmsman himself. The answer is: Mao could not err: the four cheated him, taking advantage of the fact that he was old and perhaps weak. Thus the accounts come out right through the confirmed loyalty to the myth and to the line set by Mao; through the victory over the evil in a fight which is bound to go on forever; and through the 'recycling' of those relics of the struggle which may prove useful to achieve progress along the line indicated by the Great Chief. The ethics of *Restoration* (not in a Carlist sense) thus begins to take shape stressing continuity and bright evolu-

tion at the same time. In this framework the new leaders tend to recover tradition and make it the mark of sameness and change, especially now that the policy of opening to the rest of the world requires careful adherence to China's own values to avoid any loss of identity. The stiff code of the GCPR, in closing the country's borders also severed the ties with China's past, laying and losing the wager of proud independence. The model has now been reversed, and the way is being paved towards what in my opinion is China's future, namely *demaoization*. Ways and means to that end will no doubt differ from those used to destroy Stalin's myth, but the course, although at its beginning, is clearly set. The transition is likely to be gradual since it must rely on common people's natural devotion to traditional values which are the essence of *continuity*.

In a letter to the periodical *New China*, a young Italian scholar[6] after stressing that education was the object of special care by the 'gang of four', states that in his own personal experience he could notice the substantial validity of the concept of continuity. « Everyone knows — he writes — that the definition 'open-door lessons' was coined by the Four. Now, Chinese intellectuals and the press are making all possible efforts to avoid using this expression. They prefer to use phrases like 'participation in production practice', or 'learning from workers-farmers-soldiers', and so on.

I must confess that I found it difficult to get used to the new definitions, not simply because of sheer laziness or of ideological contrast, but because it is difficult to change a habit. Upon our arrival we were hauled to a factory in a lorry with our belongings — blankets, thermos, buchets, underwear, books and notebooks, old coats and trousers to be worn during our work shifts, etc. — for a two weeks' stay. We were met by members of the revolutionary committee (now these committees are gradually disappearing as they are no longer required, the party committee having regained full control of factory operation), and by the workers of the team to which we had been assigned.

During the brief welcome ceremony which included a short yet exhaustive history of the factory from Liberation to the present day, our trainer-labourer (*Shifu*) repeatedly stressed the importance of manual labour and direct participation in practical production by students and teachers. Through 'open-door lessons' they were enabled to: 1) realize what productive work is like, 2) exchange experiences with workers through political discussion on a variety of topics, and 3) learn from workers the practical meaning of a proletarian style of labour, a factor which helps intellectuals to revise their own conception of the world and adopt a 'style of work' as close to that of labourers as possible.

In his simple straightforward remarks, the trainer-labourer used the term 'open-door lessons' several times, without showing the slightest embarrassment (which was evident, instead, in the faces of some teachers and students). This was a good (political) lesson for all of us, as it showed how useless it can be changing labels when reality stays the same. There is no danger in continuing to use a term coined by the Four. What counts is that students are allowed to participate in productive work during their university courses through ... 'open-door lessons' ».

The anxiety caused by the Great Ghost of GCRP, however, seems to me to be more profound than this simple semiotic issue implies. The fact is that the 'gang of four' is not just a non-buried corpse: it is an ever present challenge.

To return briefly once more to the subject of education. The cultural revolution had pointed out two tendencies ('the two estimates') in education. The first revealed a revisionist line which prevailed during the 17 years from the foundation of New China until 1966; the second showed a tendency, on the part of most teachers and students, towards bourgeois culture, so that they could without hesitation be classified as class enemies.

From the standpoint of proletarian culture, which advocates absolute equality, the above analysis was and still is, to a large extent, correct. By its very nature knowledge is a tool of power (consider, for instance, our 1968). You can pay a grammar-school teacher less than an industrial worker (as we actually do): the indisputable fact remains that the former's education gives him a ruler's mentality (perhaps only a virtual ruler's) in contrast with the 'recessive' attitude of those who do not possess his reasoning power. Another episode cited by Mantici is enlightening. Two girls, the daughters of a well known scientist were candidates at the university entrance examination in Shanghai. Thanks to their father they managed to avoid manual labour. They passed all tests brilliantly, scoring the highest marks in a group of 1,000 candidates and showing perfect knowledge of French. Despite the return to meritocracy, however, they were failed on the grounds that they had been 'favoured' because of their family position. This proves that the *expert* does not necessarily prevail over the *red*.

Now, this minor event is significant in many respects. First of all it shows that social stratification is still quite strong in China ten years after the GCPR.

Second, it proves that social differences underlying income differences still exist (the present wage scale ranges from 65/80 yuan per month to factory workers to 300 yuan to university professors, who are at the top of the local 'income jungle'. One yuan corresponds to about 500 lire, but the average cost of living is far lower than in Italy). Third, the girls' exclusion is an isolated case, in contrast with the prevailing meritocratic trend. Fourth, learned people at large are still powerful since 'one who knows one thousand words is apt to be a boss'. So the Four of the Gang were not entirely wrong in wielding power with utmost rigour. They simply made a mistake when, having designed a perfect model they tried to apply it coherently but without taking into consideration an element of time, since reality evolves slowly.

The experience of the French Revolution is enlightening in this respect. Considering the way in which Hua presented his own project, he must have been fully aware of this fact. At the Finance and Trade Conference of July 7, 1978 held in the light of Taching and Tachai (a factory and an agricultural commune respectively) he proudly stated that the statistics concerning the first half of 1978 showed a 24 per cent increase in industrial production over the corresponding period in 1977, thus outrunning the objectives of the Plan. The prudent Premier, however, warned that, owing to the low condition in which the country had been left by the Four, there was not much to feel happy about, especially in view of the fact that China was bound to start competition with more advanced countries sooner or later. For these reasons it was imperative to work hard. « Fundamentally — he added — our socialist political system and economic system are far superior to the capitalist. This is beyond question. But many aspects of our superstructure and relation of production are still not perfect; there remain weaknesses in many links of our political system and our economic system. These are incompatible with the goal of the four modernizations ... In this way we shall be able to bring into full play the advantages of the socialist system ... and draw on the advanced science and technology and scientific managerial methods of other countries and, through hard struggle in not too long a historical period, catch up with and surpass the economic and technical levels of the most advanced capitalist countries ».

This challenge cannot be met — he insisted — unless the idea is accepted that *certain economic laws take priority over politics*. Now, this is indeed the most striking ideological swing of the new course. « Some comrades — Hua concluded — imagine that it is possible to put politics in command while neglecting objective economic laws and that acknowledgement of economic laws means negating politics in command; this view is entirely wrong. We must put proletarian politics in command of our economic work

and must do things according to objective economic laws, these two aspects being a unity »[7].

The neo-pragmatism of the Chinese leaders finds full confirmation in this drastic sheering off from course.

Its success is vouched for by swarms of ant-like people who go to bed at 8 p.m. and go to work at 6 a.m., either on foot or on a bike, in both cases in a dancing mood.

S. A.

Translation: I. CERVELLI - ROMA

SOME DATA ON THE CHINESE SCHOOL SYSTEM

Total population: 900,000,000
School population: 200,000,000
Teachers: 9,000,000

Stages of education: 3

I – *Elementary*: (5-year courses starting at age 7)
1,000,000 schools, 150,000,000 pupils;

II – *Secondary*: (5-year courses, 2 cycles of 2 and 3 years respectively)
67,000,000 students;

III – *Universities and Colleges*:

a) 460 universities: 620,000 students (+ 280,000 enrolled in 1978)
6,000,000 applicants for 280,000 places available, in 1978

b) 20,000 'July 21' universities for workers (factory operated)

c) 2,500 'May 7' agricultural universities located in rural areas and operated by agricultural communes

Compulsory Education: age group 6 to 15 (effective from 1985)
(age group 7 to 14 in agricultural regions)

Illiteracy: declared extinguished in 1975

Source: Italian Embassy in Peking

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 This paper was written after an official visit to China in August/September 1978 by an Italian delegation investigating the possibility of a cultural agreement between Italy and the People's Republic of China. The group was led by Italy's Minister of Education, Senator Pedini, and included the Director General of the Ministry of Foreign Affairs, Sergio Romano; the President of a Section of the Council of State, Giuseppe Manzari; National Research Council representative, Prof. Alberto Boscolo; the Head of the Minister of Education's Secretarial Office, Prof. Filippo Castellano; EEC representative, Flavio Mandello; and the author of this report in his capacity as Director General of Cultural Exchange, Ministry of Education. The Italian Ambassador in Peking, Francisci; the Scientific Attaché, Martinazzoli, and the Cultural Attaché, Mrs. Carletti, offered their valuable assistance to the delegation. Also valuable was the report to the Chairman of the National Research Council prepared by Prof. Boscolo.

2 O.E.E.C., *Science and Technology in the People's Republic of China*, Paris, 1977.

3 S. AVVEDUTO, *L'uomo in quanto ricchezza* (Man as Wealth) and *La società scientifica* (Scientific Society), Etas Kompass, Milano, 1968 and 1969.

4 The quotations refer to HUA's, TENG's and LIU's speeches delivered at the aforementioned Conferences held on March 18-31, 1978 and April 22-30, 1978 respectively, and were taken from the official English version issued by Peking's Ministry of Education.

5 This word roughly corresponds to the English expression 'man in the street' but is used to indicate the frame of mind of people who refuse to take sides politically as they believe that politics is a bag of tricks and politicians are a bunch of arrant knaves or stupid fellows (*Translator's note*).

6 GIORGIO MANTICI, *Letter to 'New China'*, Shanghai, July 1978.

7 The quotations were taken from the official English translation of the text of HUA KUO-FENG's speech at the Finance and Trade Conference of July 7, 1978.

I seminari sulla evoluzione biologica dell'Accademia dei Lincei

GIUSEPPE MONTALENTI
Università di Roma

Per iniziativa del Presidente dell'Accademia dei Lincei, Prof. Beniamino Segre (deceduto il 2 Ottobre 1977) è stato istituito presso l'Accademia il Centro Linceo interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro applicazioni.

Nell'ambito del Centro sono stati organizzati seminari, conferenze, corsi di aggiornamento, intesi anche ad una alta divulgazione della scienza.

In questo quadro di attività si situano i Seminari sulla evoluzione biologica, tenuti negli anni 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, che sono stati frequentati da un gran numero di ascoltatori (di cui parecchi sono intervenuti nelle discussioni): prevalentemente professori di materie scientifiche nella scuola secondaria e da studenti di scuola secondaria e di Università.

Nel primo seminario, che ha avuto luogo in due riprese, nei giorni 10-11 Gennaio e 17-19 Aprile 1975, sono stati presentati i fatti fondamentali della evoluzione. Dopo una introduzione storica di G. Montalenti, sono state esposte le basi genetiche dell'evoluzione (C. Barigozzi), l'evoluzione del cariotipo (cioè del complesso dei cromosomi) negli invertebrati (M. Benazzi) e nei vertebrati (E. Capanna). Il Prof. R. Malaroda ha poi esposto i documenti paleontologici della evoluzione; in seguito sono state trattate l'evoluzione dei virus e dei batteri (G. Cavallo), quella delle piante (S. Tonzig) e quella degli animali (S. Ranzi). Ad un argomento particolare, l'evoluzione del neurone, è stata dedicata la conferenza di A. Stefanelli. Ogni argomento era stato in realtà svolto in due conferenze tenute dallo stesso autore, seguite da discussione.

Visto che l'iniziativa ha incontrato molto favore, essa è continuata negli anni successivi, con lo svolgimento di programmi più specializzati. Nel 1975, dopo una introduzione sull'evoluzione nel quadro delle scienze biologiche (G. Montalenti) sono stati trattati i seguenti argomenti: l'evoluzione della membrana cellulare (E. Marré), dei sistemi contrattili (M. Aloisi), dei sistemi immunitari (G. Cavallo), dei protozoi parassiti (P. Caselli), del fiore (F. M. Gerola), del cranio dei vertebrati (A. Rossi).

Il seminario del 1976 è stato dedicato al codice genetico. Si è aperto con la solita introduzione storica di G. Montalenti (come si è giunti al codice genetico) ed è stato svolto sui seguenti temi: Sintesi delle proteine e codice genetico (F. Bossa e E. Antonini); fedeltà e ambiguità nella traduzione del messaggio genetico (A. Cascino e L. Luzzatto); il codice genetico e il cromosoma (C. Barigozzi); struttura del gene e codice genetico (G. E. Magni); il DNA come ricevitore di informazioni (P. Omodeo).

Nel 1977 si è continuato l'esame di argomenti specifici: l'embriologia e l'evoluzione (S. Ranzi), l'evoluzione della fibra muscolare liscia degli invertebrati (G. Lanzavecchia), la cellula eucariote (B. Bertolini), le membrane fotosintetiche (G. Forti), evoluzione della differenziazione cellulare F. D'Amato), evoluzione dello spermatozoo (B. Baccetti).

Il seminario che ha avuto luogo dal 23 al 25 febbraio 1978 è stato dedicato a due argomenti: l'evoluzione della sessualità e l'evoluzione umana. G. Sironi ha trattato della sessualità dei procarioti, R. Nobili della riproduzione sessuale, sessualità e sua evoluzione nei protozoi; S. Avanzi della evoluzione della sessualità nelle piante e E. Vannini di alcuni modelli di differenziamento sessuale in animali pluricellulari. Alcuni problemi dell'evoluzione dell'uomo sono stati considerati nelle conferenze di P. Passarello sui processi evolutivi, nello spazio e nel tempo, della forma umana, e di A. Radmilli sull'evoluzione della cultura nel tempo.

Dato il vivo interesse dimostrato da un numeroso pubblico per gli argomenti di biologia evoluzionistica, il Centro Linceo interdisciplinare intende continuare ad organizzare, negli anni a venire, i seminari sull'evoluzione biologica.

Sempre nel campo delle scienze biologiche, è da ricordare inoltre un colloquio, che si è tenuto nel 1975, sotto gli auspici dello stesso Centro sui rapporti fra biologia e statistica. I diversi aspetti di questo argomento sono stati oggetto di dodici relazioni, oltre ad una introduttiva sulla storia della introduzione dei metodi quantitativi in biologia.

G. M.

BIBLIOGRAFIA

Le conferenze sull'evoluzione biologica sono pubblicate integralmente nei volumi della serie: 'Contributi del Centro Linceo interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro applicazioni' e precisamente nei nn. 7 (Seminario 1974, pubbl. nel 1975); 15 (Seminario 1975, pubbl. nel 1976); 32 (Seminario 1976, pubbl. nel 1977); 41 (Seminario 1977, pubbl. nel 1978). Il quinto Seminario (1978) è in corso di stampa.
Gli atti del Seminario sui rapporti fra biologia e statistica (1975) costituiscono il Vol. 37 della serie suddetta (pubbl. nel 1977). Questi volumi si possono richiedere all'Ufficio Pubblicazioni dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Via della Lungara 10, 00165, Roma.

Seminars on Biological Evolution Held at the Accademia dei Lincei

GIUSEPPE MONTALENTI
Università di Roma

The Interdisciplinary 'Lincei' Center of Mathematical Sciences and their Applications was instituted on the initiative of the President of the Accademia dei Lincei, Professor Beniamino Segre (who died on October 2, 1977).

Seminars, meetings, and refresher courses were organized with the additional purpose of spreading scientific knowledge.

Among the activities there have been the seminars on biological evolution held in 1974, 1975, 1976, 1977 and 1978. They were attended by a large audience (with considerable participation to discussion from the floor) consisting mainly of science teachers from secondary schools and students from secondary schools and universities.

In the first seminar, which took place in two sessions (January 10-11 and April 17-19, 1975), the fundamental facts of evolution were presented. After an historical introduction by G. Montalenti, the topics presented included the genetic bases of evolution (C. Barigozzi), the evolution of the karyotype (that is, of the set of chromosomes) in invertebrates (M. Benazzi), and in vertebrates (E. Capanna). Professor R. Malaroda presented the paleontological documents of evolution; then the evolution of viruses and bacteria (G. Cavallo), plants (T. Tonzig), and animals (S. Ranzi) were discussed. The lecture by A. Stefanelli was devoted to the specialized topic of the evolution of the neuron. Each topic was actually presented in two lectures given by the same person followed by discussions.

Since this intiative was well received, the seminars were continued in subsequent years with the development of more specialized programs. In 1975, after an introduction on evolution within the framework of biological sciences (G. Montalenti), the following subjects were treated: the evolution of the cell membrane (E. Marré), of contractile systems (M. Aloisi), of immune systems (G. Cavallo), of parasitic protozoa (P. Caselli), of the flower (F. M. Gerola), and of the cranium of vertebrates (A. Rossi).

The 1976 seminar was devoted to the genetic code. It was opened, as before, with G. Montalenti's historical introduction (how we have reached the genetic code) and covered the following areas: protein synthesis and genetic code (F. Bossa and E. Antonini); accuracy and ambiguity in the translation of the genetic message (A. Cascino and L. Luzzatto); the genetic code and the chromosome (C. Barigozzi); structure of the gene and the genetic code (G. E. Magni); DNA as an information receptor (P. Omodeo).

In 1977 the seminar continued with an examination of specific topics; embryology and evolution (S. Ranzi), the evolution of the smooth muscle fiber in invertebrates (G. Lanzavecchia), the eukaryotic cell (B. Bertolini), photosynthetic membranes (G. Forti), the evolution of cell differentiation

(F. D'Amato), and the evolution of spermatozoa (B. Baccetti).

The seminar that took place from 23-25 February 1978 was devoted to two topics; the evolution of sexuality and human evolution. G. Sironi discussed sexuality of prokaryotes, R. Nobili spoke on sexual reproduction, sexuality and its evolution in protozoa; S. Avanzi considered the evolution of sexuality in plants and E. Vannini discussed some models of sexual differentiation in multicellular animals. Some problems about human evolution were considered in the lectures by P. Passarello on evolutionary processes of the human form in space and time, and in the lectures by A. Radmilli on the evolution of culture in time.

In view of the strong interest in evolutionary biology expressed by the large audience, the Interdisciplinary 'Lincei' Center intends to continue to organize the seminars on biological evolution in future years.
Under the auspices of the same Center a colloquium was held in 1975 on the relationship between biology and statistics. The various aspects of this topic were the subject of twelve reports in addition to a preliminary paper on the history of the introduction of quantitative methods in biology.

G. M.

Translation: F. Segrè Walsby-Gwynedd (Wales)

BIBLIOGRAPHY

The lectures on biological evolution have been published in full in the series: *'Contributi del Centro Linceo interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro applicazioni'* in numbers 7 (1974 Seminar, publ. in 1975); 15 (1975 Seminar, publ. in 1976); 32 (1976 Seminar, publ. in 1977); 41 (1977 Seminar, publ. in 1978). The fifth seminar (1978) is in press. The proceedings of the seminar on the relationship between biology and statistics (1975) are in Vol. 37 of the above mentioned series (publ. in 1977). These volumes can be obtained from the Ufficio Pubblicazioni dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Via della Lungara 10, 00165 Roma.

Materiali per usi elettrotecnici ed elettronici

Sintesi scientifica della LXXVIII Riunione annuale dell'Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana, tenuta nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano

Como, 18-21 Settembre 1977

PIERO REGOLIOSI
Politecnico di Milano

Nel 150° anniversario della morte di Alessandro Volta, Como, sua città natale, è stata sede di parecchie manifestazioni scientifiche in suo onore; in questo clima l'Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana vi ha tenuto la sua 78ª Riunione annuale, inaugurata il 18 Settembre 1977 con un discorso commemorativo del Prof. Emilio Gatti; altre manifestazioni voltiane collegate con la Riunione AEI sono state la Mostra *L'Energia elettrica: dalla pila di Volta ad oggi*, organizzata dall'Enel, e la proiezione di un film sulla vita di Volta, dal significativo titolo: *Storia di un genio a misura d'uomo*, realizzato dalla Televisione della Svizzera Italiana, su soggetto di Bernardo Malacrida e Maria Azzi Grimaldi, ambedue comaschi, e per la regia di Chris Witwer.

La 78° Riunione dell'AEI ha avuto come tema: *Materiali per usi elettrotecnici ed elettronici*; tema che, scelto secondo un ritmo poliennale, è tuttavia collegato a Volta che, nella sua multiforme attività scientifica, ha avuto occasione di occuparsi sia di materiali dielettrici sia di conduttori, dando a questi studi apporti originali notevoli.

Alla Riunione sono state presentate 86 memorie, suddivise in quattro sezioni: Conduttori, Semiconduttori, Dielettrici e Magnetici.

I materiali conduttori e i dielettrici hanno ambedue la proprietà di condurre la corrente elettrica, con una caratteristica tensione-corrente (pressoché) lineare; i primi però posseggono tale proprietà in modo eminente (e si chiamano perciò conduttori per antonomasia), i secondi la posseggono in modo pressoché trascurabile, tanto che si possono ritenere isolanti e come tali vengono usati e anche chiamati. Nella scala della resistività elettrica i conduttori e i dielettrici sono raggruppati alle estremità opposte, con valori di resistività che vanno da 10^{-8} a 10^{16} $\Omega \cdot m$ (ohm · metri).

I materiali semiconduttori hanno resistività intermedie fra i due precedenti, ma soprattutto hanno una caratteristica tensione-corrente non lineare e altre caratteristiche peculiari su cui ritornerò.

I materiali magnetici infine fanno gruppo a sé; la loro capacità di condurre corrente, se pure esiste, non viene sfruttata (spesso anzi viene contrastata); essi hanno invece la proprietà di condurre il flusso magnetico centinaia o migliaia di volte più dei tre materiali precedenti e per questa qualità vengono usati.

CONDUTTORI

Sotto questo nome si considerano più specificamente i conduttori che Volta ha chiamato di 1ª specie, cioè tutti i metalli e le loro leghe; essi hanno resistività elettrica compresa fra 10^{-8} e 10^{-6} $\Omega \cdot m$; va però precisato che il valore della resistività di un conduttore è fortemente influenzato, oltre che dal suo grado di purezza, anche dai trattamenti termici e meccanici subiti; il materiale che presenta minore resistività è l'*argento* ($1{,}64 \times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ a 20° C), che non è però usato nel campo tecnico per ovvie ragioni di prezzo; seguono subito, nella scala della resistività, il *rame* ($1{,}73 \times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$) e l'*alluminio* ($2{,}8 \times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$), che sono invece ampiamente adoperati; il primo, oltre che minore resistività, ha anche una più alta resistenza meccanica dell'alluminio (carico di rottura a trazione del rame: 38-48 daN/mm², dell'alluminio: 15-25 daN/mm²) ed è più duttile; il secondo ha per contro peso specifico circa 3,3 volte minore e, a pari caratteristiche elettriche, costo minore (il rapporto dei costi è variabile col mercato). Fino a circa 50 anni fa il rame ha tenuto incontrastato il campo sia nella costruzione delle macchine e degli apparecchi elettrici, sia nelle grosse sbarrature per cabine e nelle condutture per linee elettriche. È degli anni venti il tentativo riuscito di dare all'alluminio caratteristiche meccaniche paragonabili a quelle del rame, conservando, entro certi limiti, le sue caratteristiche elettriche; è nato così, tra altre leghe, l'*aldrey* una lega composta circa per il 99% di alluminio, lo 0,6% di silicio e lo 0,4% di magnesio, che ha resistività di $3{,}1 \times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ e carico di rottura a trazione di 28-35 daN/mm². Nel 1927 la prima linea italiana (ed una delle prime europee) a 220 kV, che parte da Cardano (Bolzano) e arriva a Cislago (Milano) per proseguire poi verso Torino, è stata costruita, per il tronco in pianura, con treccia di aldrey, mentre il tronco in montagna è in treccia mista alluminio-acciaio, dove all'acciaio, che costituisce i trefoli più interni della treccia, sono affidati essenzialmente compiti meccanici e all'alluminio quelli elettrici. A queste scelte ha contribuito anche il fatto che, data la maggiore resistività dell'alluminio e dell'aldrey rispetto al rame, il diametro di tali conduttori risultava, a pari resistenza, maggiore e perciò raggiungeva già, naturalmente, il valore richiesto per evitare, a quella tensione, il manifestarsi di perdite per 'effetto corona'.

Da allora l'uso dell'aldrey e soprattutto dell'alluminio-acciaio, nel campo delle linee a media e ad alta tensione, si è andato generalizzando, anche perché si sono via via perfezionati gli accessori (giunti, attacchi, derivazioni) adatti alla costituzione bimetallica del conduttore; ma nel campo delle basse tensioni e specie per la cavetteria e gli avvolgimenti delle macchine, l'introduzione dell'alluminio ha incontrato e incontra tuttora varie difficoltà per la sua maggiore resistività, che impone sezioni maggiori, e per la minore resistenza meccanica e la minore duttilità, che ne rendono più difficoltosa la trafilatura in fili sottili.

Nell'intento di migliorare le caratteristiche meccaniche dell'alluminio è stata di recente prodotta una nuova lega composta di alluminio, ferro e

silicio, denominato *almhoflex*, presentata e ampiamente illustrata nelle memorie *37* e *39*, insieme con altre leghe tutte contenenti ferro. Questa nuova lega ha resistività di $2{,}85 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$ (cioè circa uguale a quella dell'alluminio), ma una maggiore rigidezza, ciò che ne consente l'uso nelle sbarrature anche con campate lunghe, e un carico di rottura a trazione sensibilmente più elevato, che ne rende possibile la trafilatura fino ai diametri più sottili, senza, o con poche, ricotture intermedie tra un passaggio di trafila e l'altro, come avviene per il rame.
Il nuovo materiale è perciò adatto a sostituire il rame sia nelle cabine di bassa tensione sia negli avvolgimenti delle macchine e delle apparecchiature elettriche, e, coi prezzi correnti, la sostituzione si presenta economicamente vantaggiosa. Inoltre, nelle linee ad alta tensione, il nuovo materiale può sostituire l'alluminio dei conduttori in alluminio-acciaio, consentendo, per le sue migliori caratteristiche meccaniche, tiri maggiori e quindi campate più lunghe.
Notizie sui conduttori in alluminio o in lega adottati nelle stazioni elettriche a 380 kV dell'Enel sono contenute nella memoria *23* mentre la memoria *58* propone un nuovo sistema per realizzare la giunzione di barre di alluminio, evitando la ossidazione che normalmente si verifica nei contatti.
Infine la memoria *81* è il resoconto di una indagine sperimentale sul comportamento termico dei conduttori delle linee elettriche aeree e dei metodi di simulazione introdotti per rappresentarlo e la memoria *20* mostra i risultati delle rilevazioni dei limiti di utilizzazione dei cavi a media tensione interrati nelle reali condizioni di prova.
Il secondo settore, in cui si sono segnalate novità nel campo dei conduttori, riguarda i materiali per *resistori di precisione* destinati alla strumentazione elettrica di controllo e di misura. Come è noto, a questi materiali si chiede alta resistività, per consentire la costruzione di resistori sufficientemente compatti, ma soprattutto resistività poco variabile sia con la temperatura sia nel tempo e piccola f.e.m. termoelettrica rispetto al rame o sue leghe, di cui sono fatti i morsetti terminali dei resistori, per non introdurre tensioni parassite. Poiché nessun metallo puro risponde alle prime due esigenze, per costruire resistori di precisione si ricorre a leghe che tuttavia sono tutte, dal più al meno, soggette ad una certa deriva nel tempo per una, sia pure lenta, variazione strutturale; donde una continua ricerca, che ha portato ad individuare via via diverse leghe e vari tipi di trattamenti meccanici e termici intesi a stabilizzare la loro struttura cristallina.
La lega più usata è stata la manganina, lega di rame, manganese e nichel in diverse proporzioni, che risale alla fine del secolo scorso e che ha resistività di $42 \div 45 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$ a 20° C e coefficiente di temperatura (variazione relativa della resistività per ogni grado centigrado) di circa 1×10^{-5}, mentre i metalli puri hanno un coefficiente di t. di $(3 \div 6) \times \times 10^{-3}$; anche la f.e.m. termoelettrica della manganina rispetto al rame è tra le più basse ($1\ \mu\ \mathrm{V/°C}$); infine la sua stabilità nel tempo è molto migliorata rispetto ai tipi di qualche decina di anni fa, pur richiedendo nei tempi lunghi una verifica periodica.

Nella riunione di Como sono state illustrate (memoria *71*) leghe a base di nichel e cromo con piccole percentuali di altri metalli (manganese, silicio, ecc.) che, note da tempo, solo ora, dopo anni di sperimentazione e di continui perfezionamenti tecnologici, si può dire che abbiano superato la manganina. Queste leghe hanno nomi commerciali diversi, ma caratteristiche simili; le migliori hanno resistività dell'ordine di 130×10^{-8} $\Omega \cdot m$, cioè oltre tre volte la manganina, f.e.m. termoelettrica rispetto al rame di 0,5 μ V/°C, quindi la metà della manganina, e coefficiente di temperatura dello stesso valore (1×10^{-5}). La loro stabilità nel tempo sembra provata dall'ormai più che decennale periodo di osservazione.

Il terzo settore considerato nella riunione riguarda i *conduttori non metallici*. Le guaine di piombo dei cavi interrati devono essere protette dall'azione aggressiva del terreno e dalle correnti vaganti che vi hanno sede, specie in vicinanza di ferrovie o tranvie elettrificate a corrente continua. A tale fine si è usato dapprima ricoprire la guaina di piombo con uno strato di iuta catramata e, in tempi più recenti, con una seconda guaina isolante, di solito PVC (cloruro di polivinile); ma questa guaina, isolando il cavo dal terreno, impedisce lo scambio di correnti fra piombo e terreno e perciò annulla l'effetto schermante del piombo contro le interferenze elettromagnetiche prodotte da linee elettriche vicine; per ripristinare tale effetto schermante, si deve connettere a terra in diversi punti la guaina di piombo, ciò che risulta oneroso e talvolta di difficile realizzazione. La guaina isolante inoltre può essere perforata, anche su lunghezze notevoli, dalle sovratensioni prodotte nel terreno dai fulmini, che colpiscono il suolo in prossimità del cavo. Per proteggersi dall'azione aggressiva del terreno e delle correnti vaganti, senza per altro incappare negli altri inconvenienti, è stata messa a punto una mescola di PVC e nerofumo disperso.

Il meccanismo della protezione, con effetti apparentemente contraddittori, si manifesta come segue: la guaina di PVC con carica di nerofumo presenta una bassa resistività elettrica (5 $\Omega \cdot m$) e quindi si comporta come un conduttore, consentendo lo scambio diffuso di correnti fra terreno e piombo, se in questo si manifestano tensioni indotte da vicine linee ad alta tensione, e non permettendo che fra terreno e piombo nascano sensibili differenze di potenziale, se nel terreno si manifestano forti gradienti di tensione a seguito della caduta di fulmini; se infine vi è presenza di correnti vaganti nel terreno la guaina ne inibisce gli effetti corrosivi sul piombo, perché la corrosione si manifesta nel contatto fra elettrolito (cioè il terreno) e conduttore, quindi se mai sulla guaina di PVC caricata; ma esperimenti di laboratorio e prove pratiche dimostrano che, nel caso specifico, danni alla guaina di PVC (con la trasformazione dei granuli di grafite in anidride carbonica ed il conseguente ripristino del potere isolante del PVC) non si manifestano finché la d.d.p. fra terreno e piombo è compresa fra + 2 e — 10 V, cioè entro i valori riscontrabili abitualmente con le correnti vaganti.

Nelle memorie *25* e *38*, che trattano di questo argomento, sono descritte

le prove eseguite sul nuovo materiale e l'esperimento pratico realizzato su un tratto di cavo telefonico di 13 km, con esito finora favorevole.
Un quarto argomento trattato, sempre nel campo dei conduttori, è stata la *superconduttività* (memorie *15* e *74*). Come è noto, è così chiamata la brusca caduta di resistività che si produce in certi conduttori in prossimità dello zero assoluto. Questo fenomeno è stato scoperto nel 1911 da Kammerling Onnes e da allora è stato attivamente studiato, dando luogo a diverse interpretazioni; ma solo all'inizio degli anni sessanta si è incominciato a sfruttarlo per applicazioni industriali. In questo periodo la individuazione di nuove proprietà dei superconduttori e la disponibilità di nuovi materiali più idonei alle applicazioni ha quasi di colpo aperto prospettive di impiego che abbracciano un vastissimo campo, dalle grandi alle piccolissime potenze.
La varietà dei materiali superconduttori comprende una ventina di elementi, alcune leghe e parecchi composti intermetallici; ma, mentre i metalli puri hanno una temperatura di transizione di $4 \div 9$ K, le leghe e i composti intermetallici finora noti diventano superconduttori a temperatura più alta ($18 \div 20$ K), ciò che li rende ovviamente preferibili.
I superconduttori oggi più facilmente disponibili sul mercato sono una lega niobio-titanio (NbTi) che è la più usata, e i composti intermetallici niobio-stagno (Nb_3Sn), vanadio-gallio (V_3Ga) e, più recentemente, niobio-germanio (Nb_3Ge). Tutti questi materiali sono generalmente forniti sotto forma di cavi formati da molti fili sottili superconduttori immersi in una matrice di rame o di bronzo; lo stato superconduttore è ottenuto di solito immergendo il cavo in elio liquido, che ha una temperatura di ebollizione di 3,19 K.
Il vantaggio della superconduttività sta nel fatto che, essendo la resistenza elettrica praticamente nulla, le perdite per effetto Joule sono trascurabili, sicché si possono raggiungere densità di corrente molto alte; questa è però limitata dalla constatazione che esiste per ogni materiale una densità critica, superata la quale, il materiale perde la caratteristica di superconduttore, e che questa proprietà viene meno anche in presenza di campi magnetici molto intensi.
Le applicazioni più importanti della superconduttività riguardano oggi:
— Gli avvolgimenti di eccitazione di elettromagneti nel campo della fisica delle alte energie e dei plasmi; si sono raggiunte a questo fine induzioni fino a 15 T e energie immagazzinate di oltre 800 kJ.
— Gli avvolgimenti di eccitazione per macchine elettriche rotanti, in ispecie alternatori e macchine omopolari; di queste ultime si sono realizzate le prime applicazioni pratiche, data la semplicità del loro circuito di eccitazione. Il principale vantaggio di tale tipo di avvolgimento sta nel fatto che si possono facilmente raggiungere induzioni altissime, ben al di là dei valori di saturazione del ferro, sicché si rende inutile la sua presenza sia nel rotore sia nello statore; le macchine risultano quindi più leggere e più ridotte di dimensioni delle macchine normali; le prospettive, avvalorate dai prototipi costruiti, sono perciò che, oltre una

certa potenza, le macchine con avvolgimento superconduttore risulterebbero più economiche, sia come costo sia come esercizio, nonostante le complicazioni del necessario raffreddamento. Sono già stati costruiti prototipi di motori omopolari di 2400 kW e turboalternatori fino a $5 \div 6$ MVA e sono in progetto motori fino a 30.000 kW e alternatori fino a 1.000 MVA. Anche in Italia si sono già realizzati prototipi e progetti a questi livelli.

— I cavi elettrici per il trasporto di grandi potenze; le realizzazioni sono per ora poche, ma studi avanzati lasciano pensare che la utilizzazione dei superconduttori per il trasporto dell'energia elettrica sia conveniente per potenze superiori a $2.000 \div 3.000$ MVA.

— La costruzione di elettromagneti per veicoli a levitazione magnetica; in questo caso il vantaggio degli elettromagneti con avvolgimento superconduttore sta soprattutto nei valori molto elevati delle forze di sostentamento ottenibili rispetto ai sistemi che usano magneti permanenti o cuscini d'aria, forze che consentono l'innalzamento dei veicoli fino a $100 \div 150$ mm dal piano di riferimento; in Giappone si lavora sul progetto di un treno che dovrebbe viaggiare a 500 km/ora e a 100 mm dal suolo.

— I dispositivi a effetto Josephson; è questo un campo che si differenzia nettamente dai precedenti, poiché interessa solo potenze piccole, ma che presenta brillanti prospettive. L'effetto Josephson, individuato per via teorica nel 1962, si manifesta in una 'giunzione tunnel' superconduttiva, cioè in un sistema di due superconduttori separati da una barriera di spessore $s = 1 \div 3\ nm$ e portati a temperatura criogenica; esso consiste nel fatto che, quando ai capi della giunzione è presente una differenza di potenziale continua V_o, la giunzione, alimentata da un generatore di corrente, è attraversata da una supercorrente alternata che ha una frequenza f_j strettamente legata alla V_o dalle costanti fondamentali:

e = carica dell'elettrone;
h = costante di Planck,

secondo la relazione:

$$f_j = \frac{2\ e}{h}\ V_o\ .$$

Questo consente un netto progresso nella conservazione della unità di tensione (ora costituita dalle pile campione, che danno circa 1 V, con una incertezza dell'ordine di 1×10^{-5} V), agganciandola al rapporto delle costanti fondamentali $2e/h$ mediante una misura di frequenza; data la precisione con cui questa misura si può eseguire, l'incertezza nella conservazione del volt si riduce a qualche unità per 10^{-8}, con un notevole salto di qualità.

Su questa strada si sono messi i principali laboratori metrologici mondiali tra cui una équipe del nostro IEN Galileo Ferraris, che ne dà conto nella memoria *72*. Gli studi in proposito non sono finiti perché, tra l'altro, si cercano materiali superconduttori idonei ad aumentare il valore della

tensione V_o, ora limitata a pochi millivolt, allo scopo di ridurre il rapporto del comparatore resistivo che è necessario al confronto con la pila campione, ma che introduce cause di incertezza.
In questa memoria e in una seconda (la *64*) si studiano altri aspetti interessati, anche dal punto di vista teorico, dell'effetto Josephson; mentre da un lato si ricerca la possibilità di collegare più giunzioni in serie per aumentare la tensione, si intravvedono e già si sfruttano altre proprietà del fenomeno. Per esempio una giunzione di due superconduttori con accoppiamento debole può servire come elemento di commutazione superconduttore-conduttore normale sia in reti logiche e di memoria, per attuare calcolatori ultraveloci, sia nella costruzione di magnetometri sensibilissimi in grado di rivelare variazioni del campo magnetico inferiori di vari ordini di grandezza al campo terrestre; la sensibilità di questi magnetometri si estende a tutta la gamma di frequenze dalla continua alle microonde, ciò che consente di allargare il loro impiego come rivelatori di biocorrenti (magneto-cardiografi, magneto-encefalografi), di onde gravitazionali (fluttuazione del campo magnetico terrestre), nella termometria a rumore e magnetica alle basse temperature e infine nella metrologia elettrica per comparatori di correnti e di tensioni, con incertezze minori di quelle oggi raggiungibili, in particolare nelle misure di attenuazioni e di potenze in radiofrequenza.
Per completare la serie delle applicazioni della superconduttività nel campo metrologico ricordiamo le bobine superconduttrici come campioni di induttanza pura, le cavità superconduttrici come risonatori ad elevatissimo fattore di merito, i punti fissi superconduttivi per la realizzazione della scala di temperatura termodinamica sotto i 10 K, ecc.
La serie degli articoli nel campo dei materiali conduttori si chiude con alcune memorie che riguardano la ricerca di *metodi per l'esame dei materiali*. Tra esse particolarmente interessante per lo studio dei difetti interni nei metalli è la proposta (contenuta nella memoria *9*)[1] di un nuovo procedimento che si fonda sulla misura dello spettro 'del rumore di corrente' cioè della fluttuazione della tensione che si rileva ai capi del conduttore in esame percorso da una corrente costante, quando sia soppressa, con una tecnica che la memoria propone, la parte di fluttuazione dovuta al moto disordinato degli elettroni (rumore Johnson).
Alcune memorie riguardano il controllo di qualità e affidabilità di materiali per la microelettronica, affrontando il tema, ancora parzialmente controverso, della correlazione fra la fase cristallina del tantalio, ottenibile mediante polverizzazione catodica, e la presenza di impurezze (memoria *76*), o quello del meccanismo di conduzione dell'ossido di tantalio (memoria *47*) o infine quello della deposizione e caratterizzazione di rivestimenti protettivi in campo elettronico (memoria *24*).
Altre memorie infine analizzano le proprietà elettriche e meccaniche richieste alla metallizzazione per la realizzazione di reti conduttive e di contatti in microelettronica, esaminando in particolare il caso del sistema cromo-oro (memoria *54*), oppure affrontano il problema della ca-

ratterizzazione della struttura e della composizione di sistemi particolarmente complessi quali i resistori a film spesso ottenuti per serigrafia (memoria *67*) o i processi di interazione silicio/alluminio a bassa temperatura (memoria *55*).
Nelle memorie di questo gruppo vengono usate di volta in volta tecniche diverse quali la spettrometria di ioni retrodiffusi, la diffrattometria, la fluorescenza a raggi X e la microscopia elettronica a scansione.

SEMICONDUTTORI

Traggo dalla bellissima introduzione del Prof. De Castro, relatore generale sui semiconduttori alla Riunione, molti spunti per la presentazione di questi materiali, che vengono trattati per la prima volta nei nostri Congressi.
Fra i materiali che per le loro proprietà elettriche interessano l'ingegneria, i semiconduttori giocano un ruolo piuttosto singolare. Adoperati agli albori della radiotecnica, nei raddrizzatori a contatto puntiforme (la 'galena' degli anni venti), e presto dimenticati, rientrano in gioco durante il secondo conflitto mondiale nei circuiti a microonde dei radar, si affermano poi con i transistori negli anni cinquanta e infine si impongono dal '60 in poi, con i circuiti integrati al silicio, con i dispositivi per microonde allo arseniuro di gallio e con la fotoelettronica, in una enorme varietà di applicazioni.
I semiconduttori devono il loro nome, come già detto, alla proprietà di avere una resistività elettrica compresa fra 10^{8} a $10^{-6}\ \Omega \cdot m$, intermedia fra quelle relative ai buoni isolanti e ai buoni conduttori; ma ben più importante è il fatto che la loro conducibilità, a differenza dei conduttori, è fortemente crescente con la temperatura e che i fenomeni di trasporto dell'elettricità nel loro interno sono grandemente influenzati da:
— il contenuto di impurezza, anche in minime concentrazioni;
— lo stato delle superfici di contorno del materiale;
— la forma dei materiali, se cioè si tratta di monocristalli o di policristalli o di materiale amorfo.
Ciò spiega il lungo periodo di gestazione che ha preceduto le applicazioni sistematiche di questi materiali, che hanno richiesto la elaborazione di un modello concettuale fisico-matematico di tipo microscopico, che consentisse di orientare la ricerca sperimentale. Ma tale modello tardò ad arrivare, perché il comportamento delle cariche mobili (elettroni) all'interno di un solido e quindi sottoposto alla azione degli intensi campi di forze interatomici, fortemente variabili su distanze piccolissime, risulta molto diverso da quanto è prevedibile dalla fisica classica.
Tale modello, elaborato sostanzialmente tra il 1930 e il 1940, può considerarsi una delle più brillanti derivazioni della teoria quantistica e la sua applicazione sistematica ha portato ad una approfondita comprensione di tutti i fenomeni conosciuti, che hanno sede nei materiali allo stato di

monocristallo, e conseguentemente ha innescato uno straordinario processo innovativo, iniziato con l'invenzione del transistor e culminato con lo sviluppo dei circuiti integrati. In poco meno di trenta anni dall'invenzione del transistor si è fatto un lungo cammino sulla via delle applicazioni dei materiali semiconduttori; ma quello che è stato compreso chiaramente e sfruttato largamente sul piano industriale riguarda pressoché solo la categoria di semiconduttori particolarmente semplice, quella dei monocristalli.

Nel caso dei semiconduttori policristallini, la comprensione dei fenomeni che vi si svolgono è tuttora assai incerta, perché l'agglomerato di un gran numero di minuscoli monocristalli, con dimensioni e orientazioni aleatorie, dà origine a complicati effetti alle interfacce fra le diverse isole monocristalline. Nondimeno si sono già sviluppate talune applicazioni di film semiconduttori policristallini di notevole interesse, come la utilizzazione di rivelatori per infrarosso di grande sensibilità, dei quali si vanno facendo svariati usi industriali e militari e nella ricerca cosmologica.

Per quanto riguarda infine i semiconduttori amorfi, la loro conoscenza è ancora allo stato primordiale, perché risulta ulteriormente più difficile applicare ad essi il modello che ha avuto tanto successo nello studio dei monocristalli. Tuttavia alcune idee generali, sia pure sostanzialmente qualitative, possono ritenersi acquisite anche in questo campo e le motivazioni applicative non mancano, se si pensa all'economia derivante dalla eliminazione dei processi di crescita di monocristalli, di cui ancora si parla in parecchie memorie seguenti, ed alla prospettiva di sfruttare fenomeni che non richiedono l'uso di materiali di estrema purezza. Non a caso da dieci anni a questa parte le ricerche sui semiconduttori amorfi sono andate rapidamente intensificandosi e, ad applicazioni ormai bene consolidate, come quella dei film amorfi ad alta fotoconducibilità per i processi xerografici, già si vanno affiancando applicazioni nuove, che sono basate sulle diverse proprietà elettriche ed ottiche degli stati cristallino ed amorfo, indirizzate al settore delle memorie per calcolatori elettronici e della memorizzazione delle immagini; questo permette di intravvedere sistemi di elaborazione ed informazione ottiche completamente nuovi.

Una lunga strada è stata dunque percorsa, ma tutto lascia supporre che ne resti ancora molta da percorrere e che altre grosse sorprese abbia in serbo per noi questa affascinante categoria di materiali.

Alcuni degli argomenti di attualità, a cui sopra si è accennato, vengono trattati nelle ventisette memorie sui semiconduttori presentate alla riunione. Per facilitarne l'esame, esse sono state suddivise in due gruppi che riguardano l'uno le proprietà fisiche dei materiali e i processi tecnologici di fabbricazione dei semiconduttori semplici, l'altro di quelli composti; un terzo gruppo riguarda le prove. La prima suddivisione potrà risultare talvolta artificiosa, in quanto costringe a trattare in paragrafi diversi materiali che vengono utilizzati allo stesso scopo (come per es. il silicio e l'arseniuro di gallio nelle celle solari): ma tant'è, una suddivisione bisogna

pure introdurla, per dare un ordine alla discussione, e questa fra materiali semplici e composti sembra essere la meno equivocabile.
In generale le memorie, spesso brevissime, trattano argomenti ristretti, diversi fra loro (siamo infatti ancora in campi d'avanguardia, dove ogni apporto anche piccolo può aiutare a chiarire il quadro generale); perciò quasi sempre le memorie vanno presentate e riassunte singolarmente.

Proprietà e processi di fabbricazione di semiconduttori semplici

Il gruppo contiene nove memorie di cui due (*19* e *13*) hanno un interesse prevalentemente fisico-elettronico, quattro (*56*, *62*, *27* e *68*) illustrano metodi per realizzare regioni di semiconduttori semplici variamente drogate, due (*52* e *17*) trattano delle proprietà dei materiali e infine l'ultima (*2*) riguarda i metodi di metallizzazione per la saldatura delle piastrine al silicio.
La memoria *19* è un lavoro teorico che riguarda il trasporto degli elettroni in silicio drogato sotto campi intensi e che fornisce in argomento dati finora assai scarsi in letteratura[2]; essi sono stati determinati calcolando col metodo Monte Carlo l'effetto delle impurità ionizzate sulle proprietà di trasporto degli elettroni nel silicio; manca però una verifica sperimentale.
La memoria *13* tratta della variazione di resistenza elettrica sotto l'azione di forze meccaniche (piezoresistenza) di un transistore MOS e mostra che questi dispositivi hanno un effetto piezometrico del tutto comparabile con quello del silicio massiccio, ma risentono molto meno delle variazioni di temperatura e sono quindi un mezzo più affidabile per la misura di forze.
La crescita epitassica di sottili strati di semiconduttori su un substrato monocristallino si ottiene in generale o da fase liquida o da fase gassosa, sempre quindi ad elevate temperature. Recentemente però notevole interesse è stato rivolto allo studio dei processi di ricrescita epitassica di sottili strati da fase solida, che consistono nella ricristallizzazione di un sottile film amorfo su un substrato monocristallino. La memoria *56* presenta a questo scopo due tecniche nuovissime che illustra e discute; ambedue richiedono una temperatura molto più bassa (900-1.200° C) di quelle utilizzate nei processi tradizionali, basati sulla diffusione termica, e quindi inducono nel materiale modificazioni minori e spesso irrilevanti.
Il 'drogaggio' di un cristallo puro di silicio (cioè il suo, diciamo, inquinamento con piccolissime particelle di altri materiali, per ricavarne determinati effetti macroscopici) può essere ottenuto mediante impianto di ioni di altri elementi con un nuovo procedimento che è descritto nella memoria *62* e che potenzialmente presenta diversi vantaggi rispetto ai metodi tradizionali, in particolare quello di poter realizzare desiderate distribuzioni di ioni, modulando opportunamente l'energia e la posizione del fascio ionico. Il procedimento determina però un danneggiamento dei materiali

per le collisioni atomiche durante il processo di impianto, danneggiamento che può essere eliminato da una ricottura; le ricerche proseguono perciò per chiarire sia la natura del danno sia i meccanismi di ricottura, che determinano l'attività elettrica degli ioni impiantati e il rinvenimento del materiale. La memoria fornisce alcuni dati sul procedimento e mostra e commenta tre profili ottenuti impiantando a 200 keV la stessa base ionica (fosforo), con temperature di ricottura di 110° C, 450° C e 900° C. Si discute poi degli effetti ottenuti indirizzando il fascio in posizione allineata con l'asse cristallografico di crescita del campione di silicio o in posizione non allineata e sull'influenza del tipo di ioni impiantati.

La memoria *27* tratta invece delle proprietà del silicio policristallino depositato mediante '*sputtering*' a radio frequenza. A parte il vezzo, qui più che altrove diffuso, di usare termini in inglese, anche quando si potrebbero usare i corrispondenti in italiano (vogliamo cominciare a tradurre '*sputtering*' con spruzzo?), ciò che rende la lettura della memoria inutilmente faticosa per i non iniziati, la memoria descrive il procedimento usato per la preparazione dei campioni, le analisi fatte per esaminarne le proprietà, i danni al materiale dovuti alle radiazioni, l'ottima possibilità di incidere per via chimica i film così preparati, ecc. e conclude che questa tecnica è affidabile per depositare film sottili di silicio policristallino di ottime qualità.

Anche la memoria *68* tratta del drogaggio del silicio con boro, alluminio, fosforo o arsenico e descrive i vantaggi del drogaggio al fosforo ottenuto mediante irraggiamento neutronico, soprattutto per la estrema omogeneità dei risultati ottenibili, omogeneità che consente di aumentare notevolmente la potenza dei singoli elementi, per es. tiristori per grossi impianti industriali. La memoria fornisce in proposito i dati caratteristici di questi tiristori.

La memoria *52* porta un contributo alla determinazione dei diagrammi di stato binari del silicio con i suoi più comuni droganti (fosforo e boro) e alla comprensione dei relativi processi di drogaggio mediante diffusione in fase gassosa, esponendo le principali problematiche poste dal drogaggio del silicio, quali risultano dall'insieme delle ricerche finora fatte, specialmente dagli autori della memoria, e sintetizzando i risultati più significativi relativi a ciascun drogante.

Una memoria di sintesi è pure la *17* che tratta dei materiali semiconduttori per la conversione fotovoltaica. È nota l'importanza che va assumendo lo sfruttamento dell'energia solare come fonte sussidiaria perenne e non inquinante per la produzione di energia elettrica. Questa conversione può essere ottenuta per due vie: o sfruttando il calore solare per riscaldare acqua e produrre vapore (che segue poi il solito iter delle centrali termiche), o convertendo direttamente la luce solare in energia elettrica mediante celle solari, che si valgono delle particolari proprietà di alcuni semiconduttori. La memoria premette qualche rapido conteggio sulla potenza ricavabile dal sole per questa via, descrive poi per sommi capi le principali celle solari (al silicio, all'arseniuro di gallio o al solfuro di cadmio

e di rame) e ne dà la struttura e il rendimento energetico, concludendo con alcuni dati sulle possibilità di sfruttamento che si verificano in Italia. Una questione collaterale ma non meno importante, e cioè i procedimenti per effettuare la connessione dei dispositivi al silicio al resto del circuito, è trattata nella memoria *2* che, dopo avere ricordato alcuni inconvenienti dei sistemi finora usati, tratta della compatibilità metallurgica fra saldatura con leghe basso-fondenti e dispositivi a semiconduttori e propone un nuovo procedimento di connessione, che descrive in dettaglio, riportando infine una gran quantità di dati ed esaminandoli in modo circostanziato ed esauriente.

Proprietà e processi di fabbricazione di semiconduttori composti

La sezione comprende nove memorie, che non è facile suddividere in gruppi omogenei, ma che solo si possono disporre in un certo ordine che concateni logicamente i diversi argomenti, passando dalla crescita e/o dalla caratterizzazione di monocristalli composti, alle proprietà dei materiali per semiconduttori composti, ai loro impieghi in microscopia elettronica e infine, ma solo in linea teorica, alle proprietà ottiche di alcuni materiali e ai cristalli a struttura lamellare.

La memoria *43* tratta della caratterizzazione di strati epitattici di arseniuro di gallio posti sopra substrati semiisolanti; essi servono in larga misura per la costruzione di transistori ad effetto di campo. Poiché, per poter prevedere le caratteristiche di questi componenti, è necessario conoscere a fondo le caratteristiche degli strati epitattici da utilizzare, gli autori hanno messo a punto le tecniche necessarie per misurare con ottima precisione la distribuzione di concentrazione dei portatori di carica, la loro mobilità in funzione dello spessore, la concentrazione e la profondità dei livelli di intrappolamento, sia nel volume degli strati sia nell'interfaccia semiconduttore-semiisolante.

Le celle solari servono, come già ricordato, a convertire l'energia irradiata dal sole direttamente in energia elettrica. La memoria *32*, dopo una breve introduzione sui materiali per celle solari, tratta di alcuni problemi riguardanti le celle ad arseniuro di gallio o ad arseniuro di gallio e alluminio e descrive un impianto che è stato messo a punto per la crescita epitattica di tali materiali partendo dalle loro soluzioni e che ha dato risultati brillanti.

La memoria *42* tratta dei monocristalli di telloruro di cadmio e mercurio che trovano larga applicazione nei rivelatori per il medio e lontano infrarosso, in quanto, col variare del rapporto tra telloruro di cadmio e telloruro di mercurio è possibile aggiustare l'intervallo di energie proibite del semiconduttore fra 0 e 1,5 eV. Sfortunatamente però è stato molto difficile finora ottenere cristalli di composizione ragionevolmente costante. La memoria propone e descrive un metodo originale che consente di superare tali obiettive difficoltà e di realizzare cristalli di elevata omogeneità di composizione.

In altro campo, la memoria *14* tratta della piezoresistenza (v. anche memoria *13*) di resistori a film spesso, depositati per serigrafia, al fine di realizzare degli estensimetri. Il materiale studiato è l'ossido di bismuto e rutenio ($Bi_2 Ru_2 O_7$) e i risultati raggiunti, riguardo sia alla sensibilità alla deformazione sia alla stabilità termica, consentono di considerare questi estensimetri competitivi con quelli attualmente in commercio.
Altro lavoro su resistori è la memoria *18*, che tratta delle proprietà e del meccanismo di conduzione in materiali a base di ossido di rutenio ($Ru O_2$). La memoria descrive il lavoro di preparazione dei campioni, le misure eseguite su di essi, l'analisi della loro struttura e composizione e conclude che in questi resistori, come in quelli della memoria precedente, il modello di conduzione, che postula come meccanismo di trasporto elettrico il '*tunneling*' di elettroni fra grano e grano attraverso la matrice vetrosa, è in grado di descrivere le proprietà elettriche di questi tipi di resistori. Lo studio in tale campo naturalmente continua.
Passando ad altro argomento, la memoria *10* riguarda alcune misure di rumore eseguite su sottilissime pellicole di ossido di tungsteno non stechiometrico esposte a vapori organici. Gli autori hanno messo in luce il legame fra l'assorbimento e il desorbimento di vapore e l'intensità del rumore di corrente nella lamina o il suo spettro di potenza. Nella memoria non è indicato il fine della ricerca, ma sembra che queste analisi possano portare alla definizione di un metodo diagnostico nello studio delle superfici attive, come ad esempio dei catalizzatori.

Vanno da ultimo ricordati due lavori di rassegna: le memorie *21* e *49*; la *21* riguarda il problema dell'adattamento delle proprietà ottiche dei materiali a particolari esigenze applicative. Vi vengono citati due procedimenti: il primo si fonda sul fatto che un materiale puro, allo zero assoluto, in assenza di perturbazioni, ha un certo spettro di assorbimento che è possibile modificare per ottenere una data risposta ottica, giocando su parametri quali il drogaggio, i campi e le perturbazioni esterni; l'altro si fonda sull'uso di sistemi e combinazioni di strati di materiali diversi scelti opportunamente. La memoria esamina in dettaglio i due procedimenti, specie con riferimento al caso concreto della conversione fototermica dell'energia solare, allo scopo di riuscire ad assorbire il massimo di energia e di ridurre al minimo le perdite per riemissione nell'infrarosso, e conclude che i sistemi multistrati sono i più promettenti, anche se ancora lontani dall'aver portato a risultati definitivi.
La memoria *49* riassume invece lo stato delle ricerche sui cristalli a struttura lamellare, allo scopo dichiarato di richiamare l'attenzione degli studiosi sulle possibili applicazioni di tale interessante classe di materiali finora quasi ignorati. Dopo aver precisato che i cristalli a struttura lamellare sono formati da strati composti ciascuno da celle elementari di due tipi distinti, nei quali figurano atomi metallici legati ad atomi non metallici in modo covalente, la memoria elenca alcuni possibili indirizzi di ricerca applicativa, pure sottolineando che, nonostante studi in proposito

siano stati avviati già da una decina di anni, siamo ancora ai primordi della esplorazione.

Misure su semiconduttori

Questo gruppo comprende dieci memorie, che presentano una notevole varietà di argomenti, riconducibili tuttavia a tre temi principali:
— controllo delle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali (ciò che coinvolge conoscenze interdisciplinari);
— esame del funzionamento di particolari dispositivi a semiconduttori, fondandosi su misure dei parametri fisici dei componenti;
— verifica di strumentazioni elettroniche; questo argomento raccoglie una sola memoria, mentre penso che meriterebbe una ben maggiore attenzione.

La memoria *51* presenta un panorama dei raffinati metodi di analisi fisiche e chimiche messi a punto dagli autori, per la caratterizzazione del silicio da usarsi in dispositivi a semiconduttori; vengono descritte sia nuove tecniche non convenzionali, come la microanalisi a raggi X e l'analisi mediante retrodiffusione di ioni leggeri, sia perfezionamenti apportati a metodi chimici classici per il dosaggio di tracce di C, B, Cu e P nel silicio. Tali diverse tecniche di misura consentono una attendibile caratterizzazione del silicio da adoperarsi nella fabbricazione dei dispositivi.

L'identificazione dei difetti, che causano irregolarità nel funzionamento dei dispositivi, rappresenta il primo passo per giungere ad individuare varianti ai processi di fabbricazione, in grado di migliorare il prodotto, e costituisce un notevole esempio delle ricerche di base che possono avere importanti riflessi applicativi. In questa prospettiva è la memoria *28* che si propone la caratterizzazione cristallografica dei difetti associati a microplasmi in giunzioni N^+-P, attraverso diverse tecniche di microscopia (ottica, elettronica a scansione ed elettronica in trasmissione) per correlare la presenza di microplasmi che si trovano in una giunzione con la natura dei difetti cristallografici esistenti nella giunzione stessa.

Lo studio della conducibilità in silicio drogato con fosforo è l'argomento della memoria *50*, in cui vengono utilizzati e riassunti i risultati di una estesa attività sperimentale sulla dipendenza della resistività del silicio dalla concentrazione di fosforo a livelli medi e alti, per uno studio critico sulla attendibilità delle teorie che spiegano il fenomeno della conduzione[3]. Tale lavoro si inserisce in modo chiarificatore fra un insieme di indagini puramente sperimentali, che avevano portato ad individuare genericamente le cause di discrepanza fra teoria elementare e prestazioni reali dei dispositivi, ed un insieme di lavori teorici concernenti la relazione fra densità di stati ed energia.

Nella memoria *29* sono messe a confronto due diverse tecniche che, facendo uso di condensatori metallo-ossido-silicio (MOS) consentono di ricavare, da misure di alcune grandezze elettriche, i tempi di vita dei por-

tatori liberi nel silicio. La memoria precisa quali sono i campi di migliore utilizzazione e quali le limitazioni teoriche e pratiche dei due metodi e conclude avanzando l'ipotesi che alcune differenze riscontrate nelle misure rispetto alle previsioni teoriche siano da attribuirsi ad una disuniformità del silicio in prossimità della superficie.
Argomento della memoria *53* è l'impiego della microscopia a scansione per caratterizzare l'arseniuro di gallio da usarsi in dispositivi optoelettronici. Le misure riportate sono quelle ormai classiche per tali tipi di microscopi, ma esse dimostrano negli autori una notevole padronanza dell'uso dello strumento, ciò che costituisce un patrimonio di grande importanza per i laboratori che operano nel settore dei materiali.
Nello studio di modelli della conduzione e della capacità di barriera per diodi Schottky fra arseniuro di gallio e vari metalli sono state proposte due teorie: quella della emissione termoionica e quella della emissione-diffusione; ambedue calcolano la corrente nei contatti metallo-semiconduttore trascurando le collisioni della zona di svuotamento. Si ottengono in tale modo risultati teorici in sensibile difetto rispetto ai risultati sperimentali. Questi trovano invece giustificazione in un modello proposto dagli autori della memoria *4*, che tiene conto appunto della collisione degli elettroni. La memoria dà conto per questa via di molti rilievi sperimentali di caratteristiche corrente-tensione e capacità-tensione, in funzione della temperatura nell'intervallo fra 80 e 400 K, rilevati sui diodi sopracitati, rilievi che confermano appunto la teoria e permettono di perfezionare ulteriormente le conoscenze del fenomeno.
Informazioni sulla resistività e sui profili di concentrazione per campioni di arseniuro di gallio (memoria *45*) possono venire dedotte da misure di resistenza di *spreading* (propagazione), cioè effettuate appoggiando sul campione due punte di piccolo diametro e misurando la corrente che fluisce fra esse sotto una tensione che deve essere assai piccola, per non modificare il materiale prova. Il rapporto tensione/corrente dà una resistenza da cui, mediante abachi ricavati su materiali di resistività nota, è possibile risalire alla resistività locale del materiale, dato che quasi tutta la caduta di tensione si verifica nelle immediate vicinanze del contatto. Nel dispositivo sperimentato la tensione è stata di 5 mV, le punte erano di una lega tungsteno-osmio con raggio di curvatura di circa 25 μm e contatto di raggio 6 μm. Il dispositivo fornisce un'ottima riproducibilità e consente di eseguire anche profili di concentrazione, ripetendo la misura in più punti: il tempo necessario per questi rilievi è di alcuni minuti, contro alcuni giorni necessari con il metodo convenzionale; si richiede però una certa cautela, soprattutto meccanica, per non rovinare i campioni in prova, con la pressione delle punte.
La misura di parametri fisici e geometrici di tiristori è l'argomento della memoria *26* nella quale si riferisce una ricerca a larga base sperimentale che rappresenta un passo necessario e importante sulla strada della progettazione automatica dei tiristori. Tale lavoro ha richiesto un'accurata determinazione dei profili di impurezza drogante nel silicio e documenta

una stretta collaborazione fra università e industria su problemi di interesse applicativo, collaborazione che è giusto continui e si estenda.
Una indagine sulle varie tecniche di misura dei tempi di vita di elettroni e lacune nella base di un diodo P-I-N viene effettuata nella memoria *30*, che discute le limitazioni dei metodi di più frequente impiego. Il lavoro fornisce un interessante contributo di carattere teorico alla migliore comprensione di tali tecniche ed è suscettibile di sviluppi sia nella direzione di una più accurata teoria del funzionamento dinamico del diodo, sia in quella di una verifica sperimentale delle previsioni sugli errori propri dei diversi metodi discussi.
Infine la memoria *12* tratta delle misure capacitive di precisione, che possono servire a caratterizzare i semiconduttori. L'argomento riveste notevole interesse, perché, sulle misure di capacità differenziale in dispositivi a semiconduttori, si fondano numerosi metodi di indagine sui materiali; è perciò preziosa la disponibilità di strumenti per l'esecuzione di tali misure con elevato rapporto segnale/rumore. La prima parte della memoria è appunto una esauriente analisi di tali requisiti; su tale analisi si fondano le scelte delle soluzioni adottate dagli autori della memoria, che hanno realizzato uno strumento *ad hoc* veramente pregevole e individuata una nuova via per ottenere un ulteriore incremento nella rapidità della misura.

DIELETTRICI

Come ho già avuto occasione di ricordare all'inizio, i dielettrici si trovano raggruppati all'estremità opposta dei conduttori nella scala della resistività elettrica. Ma dei dielettrici va sottolineata anche un'altra caratteristica, la 'permettività' o 'costante dielettrica', definita dal fatto che, sottoposti ad un campo elettrico[4] alternato, essi sono attraversati da una corrente di polarizzazione, che si sovrappone alla solitamente trascurabile corrente di conduzione e che, nel caso di un dielettrico ideale, è spostata di 90° in anticipo rispetto alla tensione che genera il campo; nei casi pratici l'angolo è invece minore e la differenza a 90° (di solito pochi gradi) viene indicata abitualmente con δ e chiamata 'angolo di perdita' o 'di dissipazione', perché è un indice delle perdite che si verificano nel dielettrico; generalmente dell'angolo δ si dà la tangente, che viene chiamata 'fattore di perdita' o 'di dissipazione'.
Su questo argomento, per altro noto, è stata presentata una memoria (la *22*) che ricorda brevemente i fenomeni fisici da cui dipendono le perdite nei dielettrici, cioè la conduzione e la polarizzazione, e che si sofferma particolarmente su quest'ultima, spiegandone il meccanismo; riporta poi gli andamenti caratteristici del fattore di perdita per alcuni dielettrici di maggiore interesse applicativo e propone di usare tale parametro come mezzo diagnostico non distruttivo delle qualità di un dielettrico.
Altra caratteristica importante è la ' rigidità dielettrica ' definita dal va-

lore della tensione per unità di spessore che provoca la scarica attraverso il materiale, perforandolo.

Tutte le caratteristiche dei dielettrici sono variamente influenzate dalla temperatura, dalla umidità, dalla durata di applicazione della sollecitazione elettrica e da altri fattori non sempre di facile individuazione, ciò che rende più laboriosa la loro misura e più incerti i risultati ottenuti, che andrebbero perciò sempre determinati su più di un provino ed elaborati statisticamente.

I dielettrici sono gassosi, liquidi o solidi. Fra i gassosi vanno considerati l'aria in cui viviamo e i suoi componenti, ossigeno e azoto, e praticamente tutti i gas; in genere però la loro 'rigidità dielettrica' è piuttosto scarsa; vi sono tuttavia gas cosidetti elettro-negativi (in quanto le loro molecole hanno la capacità di captare elettroni liberi, formando ioni pesanti, elettricamente negativi) che presentano una rigidità $2 \div 3$ volte quella dell'azoto; fra essi si va diffondendo in questi anni l'esafluoruro di zolfo (formula SF_6) per isolare sbarre, cavi e in genere apparecchiature cosidette 'blindate', cioè protette all'esterno da contenitori metallici, che ne consentono la sistemazione in piccolo spazio, senza pericolo per le persone e per le cose. Altri gas elettronegativi sono ottenuti sostituendo completamente o parzialmente l'idrogeno di alcuni idrocarburi con cloro o fluoro; essi risultano tuttavia meno stabili sotto scarica dell'esafluoruro di zolfo.

Fra i dielettrici liquidi, i primi usati e tuttora i più diffusi sono gli olii minerali ottenuti dalla distillazione del petrolio; ma si sono via via introdotti prodotti sintetici caratterizzati da proprietà equivalenti o migliori degli olii minerali e soprattutto più costanti, ciò che non è per gli olii naturali, le cui proprietà dipendono dal grezzo da cui si parte.

I dielettrici solidi, sia inorganici sia organici, costituiscono il gruppo di gran lunga più numeroso e più vario. Tra gli inorganici sono da ricordare i materiali ceramici, la steatite, i vetri, la mica, l'amianto, la silice e il quarzo fusi, ecc. Tra quelli organici vanno citati i materiali cellulosici (carte, cartoni, tessili, legni) che sono assai usati, ma che hanno il difetto di assorbire facilmente l'umidità, scadendo sensibilmente nelle loro proprietà dielettriche. La molecola complessa della cellulosa e la sua facilità a polimerizzarsi ha tuttavia orientato i chimici nella ricerca di materiali organici artificiali. Fra questi i primi sono stati le resine fenoliche; ma la serie è poi continuata con le gliceroftaliche, le alchidiche, le acetaliche, le olefiniche, le poliammidiche, le epossidiche, i poliuretani, le resine siliconiche, i poliesteri, ecc. e l'elenco è destinato a continuare. Esse formano laminati, polveri da stampaggio, adesivi e rivestimenti protettivi; hanno, ognuna, caratteristiche particolari che le rendono adatte a determinati scopi, e si distinguono fra loro soprattutto per la temperatura di lavoro, che possono sopportare senza perdere le loro proprietà elettriche e meccaniche.

Delle ventotto memorie sui dielettrici presentate alla riunione un primo gruppo riguarda le proprietà, un secondo le misure e le prove.

Proprietà e applicazioni

In questo campo l'interesse dei ricercatori e delle industrie è rivolto alla produzione di materiali che ammettano sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche sempre più elevate.
Sono così descritti (memoria *83*) isolatori per linee ad alta tensione (per ora fino a 145 kV) costituiti da un'anima di vetro-resina, a cui sono affidati i compiti di resistenza meccanica fino a 1 MN e oltre, e da un rivestimento ottenuto per stampaggio e formato di isolanti organici di vario tipo, idrorepellenti e antipolvere, per la tenuta dielettrica superficiale, anche sotto pioggia e in ambiente inquinante. Questi isolatori sono sensibilmente più corti delle corrispondenti catene di materiale ceramico o di vetro, consentendo di ridurre di altrettanto l'altezza dei pali. La loro realizzazione ha richiesto la soluzione di numerosi problemi di natura sia elettrica sia meccanica, che sono ricordati e discussi nella memoria. Gli studi e le prove continuano presso l'Enel con l'obiettivo di arrivare a isolatori per 1.050 kV.
Dielettrici organici (resine epossidiche, poliammidiche e poliesteri) sono pure stati sperimentati per la realizzazione di isolatori portanti, da utilizzare in apparecchiature a media tensione per interno (memoria *80*).
Le resine epossidiche sono usate anche nell'isolamento di apparecchiature a media tensione (memoria *70*), consentendo di aumentarne la potenza e l'affidabilità e di diminuirne l'ingombro.
Nel campo dell'isolamento delle macchine elettriche sono state illustrate (memoria *16*) le proprietà e le modalità di impiego di alcuni fra i materiali di più recente introduzione e cioè le carte Nomex, i film Kapton e i plastici Scotchply, che ormai sostituiscono o integrano analoghi materiali preesistenti, specie nell'isolamento di macchine destinate a funzionare a temperature elevate, in particolare per le classi F (155° C) e H (180° C).
La carta Nomex è costituita da fibre di aramide (poliammide aromatico) unite fra loro con le normali tecniche di fabbricazione della carta e calandrate ad alta temperatura; ne risulta una carta che resiste fino a 220° C ed ha eccellenti proprietà elettriche e meccaniche. Il Kapton è un film poliammide molto tenace, che ha ottime qualità elettriche, può essere usato da — 269° C a + 400° C, resiste alla fiamma e alle radiazioni e non viene sciolto da alcun solvente organico; il Kapton è un ottimo concorrente del Mylar (film poliestere) noto ed usato da tempo. Infine lo Scotchply è un laminato modellabile, a base di fibre di vetro e resina epossidica, utilizzabile fra — 50° C e + 240° C; possiede buone proprietà elettriche, meccaniche e chimiche e si presta ad assumere le più varie forme.
La memoria che tratta di questi prodotti mette in evidenza il progresso ottenuto nell'isolamento delle macchine elettriche dalla loro introduzione, che va rapidamente diffondendosi, frenata solo dal loro costo elevato e dal fatto che si tratta di materiali che sono fabbricati all'estero e che assumono importanza strategica, sicché risultano di importazione talvolta difficoltosa.
Pellicole di isolanti plastici sono state da tempo utilizzate come dielettrico

nei condensatori a secco, metallizzandole su una delle facce per costituire le armature. Con una opportuna scelta del dielettrico (polipropilene, policarbonato o tereftalato di polietilene) di elevata costante dielettrica, basse perdite ed alta rigidità dielettrica, si ottengono condensatori più compatti dei condensatori con isolante di carta impregnata e armature laminari. Perciò questi nuovi tipi si sono rapidamente diffusi nei circuiti elettronici e si tende ad usarli anche in circuiti di potenza. La memoria *69*, dopo averne sommariamente descritta la struttura, ne precisa i limiti di impiego in regime impulsivo, giungendo alla conclusione che sono da preferirsi i condensatori in cui le pellicole metallizzate sono alternate con pellicole normali e armature in lamina.

Oltre alle questioni elettriche e meccaniche sopra elencate, alcune questioni collaterali vengono poste dall'uso dei dielettrici e fra queste si devono ricordare soprattutto i pericoli di incendio e quelli di inquinamento. Tutti i dielettrici organici, cioè la grande maggioranza dei dielettrici, sono in varia misura infiammabili, ma l'attenzione dei tecnici è stata posta dapprima sugli olii minerali, perché, incendiandosi, essi dilagavano spesso all'intorno, portando la fiamma anche assai lontano; ma più recentemente sono stati presi in considerazione anche molti altri dielettrici organici e si sono sottolineati i pericoli derivanti, in caso di incendio, non solo dalla fiamma, ma anche dalla emissione di fumi e di gas tossici o irritanti, conseguenza spesso di alcuni additivi introdotti per ridurre la propagazione del fuoco.

La memoria *41* contiene ampie considerazioni sui fenomeni della combustione dei dielettrici, dando particolare risalto agli agenti ritardanti la combustione, e fa un esame critico degli attuali metodi di prova prescritti dai diversi Enti nazionali. La memoria rappresenta l'innescarsi ed il propagarsi di un incendio con uno schema a blocchi, che può costituire la base per uno studio sulla prevenzione degli incendi, completandolo con tabelle sulla relazione tra incendi reali e prove di infiammabilità e sul confronto fra vari metodi di prova.

Altre due memorie riguardano in dettaglio il problema della infiammabilità dei dielettrici e delle ripercussioni ecologiche che hanno avuto i principali tentativi di risolverlo. Un primo tentativo risale a parecchi anni addietro ed è consistito nel sostituire gli olii minerali fino ad allora usati nei trasformatori e nei condensatori, con olii sintetici costituiti da policlorodifenili (askarel o PCB). Tali olii non sono infiammabili entro limiti di temperatura assai ampi ed hanno una eccezionale stabilità chimica; ma questa qualità, per un lato pregevole, ha come conseguenza che essi non sono biodegradabili, sicchè la loro dispersione nell'ambiente ha fatto sorgere problemi di natura ecologica, per la possibilità di accumulo in varie specie di animali, determinando il sospetto di possibili effetti genetici e tossici. Perciò la loro grande diffusione, non solo per usi elettrici, ma anche come plastificanti per vernici, come componenti di insetticidi e battericidi, come lubrificanti o come componenti delle carte autocopiative, ecc. (con un consumo di oltre 50.000 tonnellate annue nei soli paesi occiden-

tali) ha determinato il Consiglio delle Comunità Europee ad emanare nel 1976 due direttive che, pure consentendo ancora l'uso dei PCB, in pratica mirano alla loro completa eliminazione.

L'industria elettrica deve perciò trovare altre soluzioni al problema della non infiammabilità degli olii isolanti.

La memoria *73*, dopo essersi soffermata ad esaminare il concetto di incombustibilità e precisato che qualsiasi materiale organico è in grado di bruciare, se esposto a temperature e concentrazioni di ossigeno sufficientemente elevate, esamina le caratteristiche richieste dai liquidi isolanti e fa una rassegna dei materiali che attualmente si presentano come i più probabili sostituti degli askarel, ricordando tuttavia che le ricerche in proposito sono ancora ben lontane dall'essere concluse. Questi materiali sono alcuni olii siliconici, certi idrocarburi speciali, taluni isolanti della famiglia degli esteri con stabilizzanti, altri prodotti clorurati, ma del tipo biodegradabile. Per tutti però si è puntato più sulla non tossicità che sulla non infiammabilità. La memoria auspica che, mentre le ricerche continuano, gli utilizzatori avviino l'impiego sperimentale di apparecchiature elettriche realizzate usando i nuovi prodotti e che nel frattempo l'adempimento delle raccomandazioni comunitarie possa garantire condizioni di sicurezza sufficienti.

Anche la memoria *65* tratta, sia pure con angolazione diversa, della tossicità degli askarel e ricorda le raccomandazioni dell'OCSE e di vari Enti nazionali tendenti a limitarne l'uso e a fissare date ravvicinate per il loro totale divieto; la memoria si diffonde poi sui possibili dielettrici sostitutivi (gli stessi sopra ricordati), ma con particolare riferimento al solo uso nei condensatori, e dà conto di interessanti risultati ottenuti con prove di vita accelerate, su alcuni campioni variamente realizzati.

Altri aspetti dei dielettrici trattati nella Riunione riguardano il loro impiego nel settore della cosidetta ottica integrata (memorie *3* e *85*), disciplina di origine recente (10 anni ca.) che riguarda lo studio e la realizzazione di dispositivi a film dielettrici sottili (1 μm) in grado di eseguire, su fasci di luce incidente, varie operazioni quali modulazione, deflessione, filtraggio, amplificazione, generazione e rivelazione. Le memorie espongono metodi per ottenere film con le caratteristiche richieste e per verificarne le caratteristiche.

Un'altra memoria (n° *57*) tratta dei materiali dielettrici atti a registrazioni olografiche per il trattamento ottico delle informazioni (memorie ottiche, riconoscimento delle configurazioni per via ottica, accoppiatori laser-guida d'onda, ecc.).

Infine un'altra memoria del gruppo (n° *66*) riguarda la modalità di fabbricazione di fibre ottiche, servendosi di dielettrici disponibili commercialmente e le caratteristiche da esse ottenibili.

Sono argomenti questi che stanno al di fuori del campo abituale dei dielettrici sopra considerato e che presentano ancora aspetti poco noti; taluni di essi si riallacciano per altro al capitolo dei semiconduttori.

Prove e verifiche sui dielettrici

Un primo gruppo di memorie riguarda la determinazione delle caratteristiche di alcuni materiali isolanti a bassissima temperatura. In questi ultimi anni si è infatti verificato, come detto a proposito dei conduttori, un notevole sviluppo dell'applicazione della criogenia nel campo delle industrie elettrotecniche. Sono state così studiate e in parte realizzate sia macchine e apparecchiature che utilizzano la notevole riduzione di resistività (iperconduttività) che si verifica nei materiali conduttori alla temperatura dell'azoto e dell'idrogeno liquidi (77 e 20 K), sia dispositivi che utilizzano il brusco cambiamento di proprietà, che si verifica in alcuni conduttori alla temperatura di pochi gradi Kelvin (superconduttività). In tali condizioni è necessario però conoscere il comportamento dei dielettrici. Le memorie *34* e *35* trattano della questione, esaminando innanzitutto il comportamento dell'azoto liquido nella sua duplice qualità di mezzo refrigerante e di dielettrico e fornendo poi alcuni risultati di prove eseguite su carte poliammidiche e polietileniche impregnate di azoto liquido. I risultati delle prove sono discussi su basi statistiche e commentati.

Altra questione affrontata riguarda il comportamento di isolanti liquidi o gassosi contenenti impurità. La presenza di impurità in sospensione ha una notevole influenza sulle proprietà dielettriche dei materiali, specie per quanto riguarda la conduzione e la rigidità dielettrica. Lo studio del fenomeno è stato affrontato nella memoria *36*, che ne ha dato una interessante simulazione numerica e ha messo a confronto i risultati teorici con quelli sperimentali ottenuti usando n-esano inquinato con particelle sia conduttrici sia isolanti[5].

Su questo argomento la memoria *31* presenta invece i risultati di prove di rigidità dielettrica eseguite su oltre venti campioni di olio normale da trasformatori, inquinato con vari tipi di particelle, quali possono trovarsi in un trasformatore nuovo, e fatto circolare con diverse velocità in una normale cella prova-oli tipo CEI. Ogni prova è stata ripetuta dieci volte ed è risultato che, aumentando la velocità dell'olio, la rigidità diminuisce, forse in relazione al fatto che, a velocità elevata, è maggiore la turbolenza e quindi il numero di particelle in sospensione.

Un argomento che la letteratura tecnica ha già, da una ventina d'anni, affrontato è quello della valutazione, in base a prove di breve durata, della vita probabile di un isolante sottoposto con continuità ad un determinato campo di tensione alternata. La caratteristica è stata chiamata '*voltage endurance*' e come tale è anche da noi conosciuta; potremmo chiamarla 'durata sotto tensione' o 'vita dielettrica', parafrasando il nome di 'vita termica' che è stato dato alla durata di un dielettrico sottoposto con continuità ad una determinata temperatura. È ovvia l'utilità di poter dedurre da prove di breve durata (settimane, mesi) la vita di un dielettrico che, negli usi pratici, dovrebbe durare decine di anni; ma, mentre per la 'vita termica' si può costruire un modello corretto su cui

ragionare, per la 'vita dielettrica' il fenomeno risulta più complesso e non facilmente inquadrabile.

La memoria *44* presenta un interessante compendio delle ricerche di '*voltage endurance*', che da parecchi anni sono state condotte dagli autori, partendo da una loro teoria generale di tipo fenomenologico, che tiene conto di alcune affinità fra il processo in esame e altri processi fisici, come la fatica meccanica e la degradazione termica, e propone alcune tecniche di prova, fondate su misure di rigidità dielettrica e su esami non distruttivi, che consentono di tracciare, in base a considerazioni statistiche, la linea di vita di un materiale isolante; controlli eseguiti su diversi materiali confermano la validità del metodo, che merita pertanto di essere segnalato.

Collegata alla precedente è pure la memoria *60* che presenta una vasta indagine volta a determinare la relazione fra il valore della tensione applicata a due tipi di isolamenti in carta-olio per trasformatori e il tempo di innesco delle scariche parziali (cioè fra strato e strato di carta). Le prove sono state ogni volta prolungate fino a 60 minuti e i risultati, elaborati statisticamente, mostrano che la probabilità di innesco delle scariche parziali in funzione del tempo è bene rappresentata dalla distribuzione di Weibul. Una serie di prove successive, durate alcuni mesi, hanno verificato la validità delle estrapolazioni effettuate per tempi lunghi.

Pure connesse col problema generale della degradazione e dell'invecchiamento dei dielettrici sollecitati da un campo elettrico sono le memorie *33*, *84*, *79* e *11*.

La *33*, partendo dalla considerazione che, tra le varie cause che influiscono sulla degradazione degli isolanti organici solidi, vanno annoverate le scariche parziali superficiali, cioè le scariche che si verificano sulla loro superficie in prossimità di ciascun elettrodo, senza raggiungere l'elettrodo opposto, rende conto di una serie di prove di tensione della durata di 50 e 100 ore ciascuna, eseguite su differenti dischetti di resina epossidica posti fra due elettrodi di acciaio inossidabile, in atmosfere di azoto, di argo o di aria secca. L'esame è accurato e i controlli eseguiti sui provini con microscopio ottico od elettronico e con una microsonda a raggi X ha dato interessanti risultati sulla struttura del materiale dopo il trattamento e sulle conseguenze non lievi di preesistenti irregolarità superficiali.

La *84* esamina in generale il problema della degradazione e dell'invecchiamento dei materiali organici destinati alla realizzazione di isolamenti per interno in cabine di media tensione e si riallaccia a quanto è stato proposto all'inizio del capitolo. La memoria espone i risultati delle esperienze condotte dall'Enel e dal Cesi per lo studio di una metodologia di prova di invecchiamento accelerato su isolatori completi, per poter confrontare diversi tipi di resine e diverse forme di alettature. Sono stati effettuati confronti non solo di grandezze elettriche, ma anche di comportamenti fisici in generale. Le prove descritte hanno pure lo scopo di proporre al CEI scelte opportune per il collaudo di questi tipi di isolatori.

La *79* verte sull'invecchiamento dei dielettrici misti nei condensatori di potenza e mostra come una ricerca sperimentale integrata da un'analisi del campo elettrico in prossimità dei bordi ha permesso di stabilire criteri razionali sulle massime tensioni che si possono applicare in servizio a tale tipo di condensatori, per i quali le superfici di discontinuità, che si verificano nei dielettrici misti, rendono dubbia l'applicabilità delle abituali norme sulle prove di tipo.
La memoria *11* riguarda invece il comportamento dei dielettrici sottoposti ad un campo elettrico in presenza di armoniche. L'indagine è stata condotta per via teorica, prendendo in considerazione la variazione delle perdite dielettriche dovuta ad una tensione deformata rispetto alla tensione sinusoidale di uguale valore efficace e valutando il conseguente aumento di temperatura del dielettrico; l'invecchiamento è così ricondotto alla causa termica e i risultati possono valere solo quando le perdite sono piuttosto alte. Esempi sono riportati per il caso di resine acriliche e di resine fenoliche.
Altri problemi in parte nuovi, sempre nel campo delle prove dei dielettrici, sono trattati nelle memorie *75* e *82*.
La *75* riassume le principali regole per la scelta e la verifica dei materiali isolanti impiegati nelle apparecchiature di bassa e media tensione e riprende il problema della infiammabilità e la misura delle scariche parziali.
La *82* esamina il problema della determinazione delle caratteristiche elettriche dell'isolamento estruso dei cavi di energia. Fino a 15-20 anni fa i cavi di energia per media tensione erano praticamente tutti isolati in carta impregnata di olio e quelli per alta tensione in carta ed olio fluido, ambedue con guaina di piombo, protetta, se necessario, con nastro di acciaio e iuta catramata o con una seconda guaina di cloruro di polivinile. La complessità e il costo di questo tipo di costruzione ha spinto i fabbricanti a trovare soluzioni alternative più economiche; si è tentato di estendere alle medie tensioni l'isolamento in materiale estruso (gomme artificiali o resine di vario tipo, ecc.) che già si usa normalmente per la bassa tensione, perché ciò consente di guadagnare parecchio in tempo di lavorazione e impegno di macchinario e di uomini; i primi tentativi non sono stati felici, ma oggi si sanno costruire cavi estrusi per energia fino a 60 kV. Argomento della memoria è appunto la valutazione della resistenza alle sollecitazioni elettriche di questo nuovo tipo di cavo, per giungere a conclusioni attendibili sulla sua affidabilità.
Sempre nel campo dei cavi, la memoria *48* esamina le cause di deterioramento dei cavi elettrici e in genere dei loro accessori in una rete assai estesa a media e bassa tensione quale è quella della Acea di Roma ed espone alcune interessanti statistiche di guasti riscontrati nell'esercizio.
Infine le memorie *40*, *61* e *78* riguardano i mezzi più opportuni per prevenire guasti gravi alle macchine e agli impianti elettrici. Partendo dalla constatazione che, nella maggioranza dei casi, i guasti elettrici sono imputabili all'isolamento, la memoria *40* sottolinea l'importanza della manutenzione, specie preventiva e sistematica, fondata su diverse prove

significative, come misura della resistenza di isolamento, determinazione del fattore di perdita e della sua variazione, prove di tensione, ecc. Per ciascun tipo di macchine vengono illustrate le prove più opportune insieme con i sintomi più significativi.
La *61* riguarda il controllo dell'isolamento dei trasformatori di corrente (TA) in servizio, che ha preso l'avvio nel 1971 dopo che alcuni TA installati su impianti Enel a 380 kV si sono guastati in modo grave poco tempo dopo la loro attivazione, nonostante che fossero stati collaudati secondo le Norme con esito favorevole. La memoria tratta principalmente delle prove da allora eseguite sistematicamente su tutti i TA ad alta tensione dell'Enel per individuare le cause dei guasti e i mezzi sperimentali atti a svelarne in tempo i primi sintomi.
Tra questi la memoria *78* cita l'analisi dei gas disciolti nell'olio isolante, analisi che, in questi ultimi anni, ha suscitato crescente interesse appunto come mezzo diagnostico per la sorveglianza dei trasformatori in esercizio. La memoria illustra i principi teorici del metodo, elenca i risultati considerati significativi agli effetti diagnostici, i procedimenti di misura impiegabili e le possibili interpretazioni dei risultati ottenuti; conclude infine riassumendo i punti più importanti delle esperienze ricavate dall'applicazione sistematica del metodo ad un numero rilevante di trasformatori di grande potenza installati nelle reti dell'Enel.

MAGNETICI

I materiali magnetici, ultimi della serie dei materiali per usi elettrotecnici, fanno nettamente capitolo a sé, perché, come detto, essi sono sede e guida di flussi magnetici, a differenza degli altri tre, che sono sedi di correnti elettriche sia pure di modi e misure assai differenziati fra loro.
Lo studio di questi materiali non incontra al momento molto interesse e pochi sono i ricercatori che se ne occupano; poche di conseguenza (dieci) le memorie discusse al Congresso; quasi tutte però presentano qualche interessante novità. Fra esse va ricordata la n° *8* che tratta dei materiali magnetici amorfi. Leghe metalliche allo stato amorfo sono state ottenute di recente dalla fase liquida con speciali tecniche di raffreddamento rapidissimo (10^5 ° C/s). La struttura atomica che ne risulta è simile a quella della fase liquida, come per i silicati vetrosi, ma, a differenza di questi, il legame metallico conferisce a tali materiali grande resistenza meccanica, duttilità e malleabilità, assenza di fragilità. La loro composizione tipica è $T_{80}\,M_{20}$ dove T rappresenta uno o più metalli di transizione (Mn, Fe, Co, Ni) e M uno o più metalloidi (B, P, C, Si, N). Fra essi, numerosi sono i materiali amorfi ferromagnetici per bassa frequenza. L'attività di ricerca in questo campo è oggi intensa sia per le promettenti caratteristiche di questi materiali sotto il profilo tecnologico, sia per l'interesse che essi presentano per la ricerca di base; studi ed esperienze sono in atto presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris e la memoria *8* ne riassume i risultati finora raggiunti.

Nel campo dei magneti permanenti la memoria *5* tratta invece di nuovi composti cobalto-terre rare (elementi che vanno dal lantanio al lutezio nella classificazione periodica). Le ricerche sui composti intermetallici delle terre rare, noti dall'inizio del secolo, hanno portato negli anni settanta alla scoperta di straordinarie proprietà di anisotropia in cristalli di tipo TR-Co_5 (TR = terra rara, ma in particolare il samario), consentendo di realizzare magneti permanenti di elevatissime prestazioni, che hanno aperto la strada a sviluppi applicativi prima impensabili. La memoria illustra i procedimenti di fabbricazione dei nuovi prodotti (per sinterizzazione), la loro struttura cristallina e le loro caratteristiche principali, ed effettua un confronto con i materiali per magneti più noti e finora più usati, cioè le leghe alnico e le ferriti.

Delle ferriti per magneti permanenti (ossidi misti di ferro e bario o stronzio o, più raramente, piombo), introdotte circa 25 anni fa e di cui non si conoscono miglioramenti recenti di qualche importanza, riassume le caratteristiche e modalità di lavorazione la memoria *6*, che si sofferma soprattutto sulle loro applicazioni nelle macchine di piccola potenza, in particolare piccoli motori per gli elettrodomestici e per l'avviamento delle automobili.

Nel campo invece delle alte frequenze, fino a 1 MHz, la memoria *63* presenta la Sifferrit, una nuova ferrite particolarmente adatta per filtri, della quale esamina la struttura e dà le caratteristiche principali: permeabilità iniziale relativa di circa 1200 e perdite estremamente basse nella gamma da 50 a 800 kHz, con ottima stabilità temporale e termica. L'impiego di questo materiale consente di realizzare componenti magnetici che, a parità di altre caratteristiche, presentano un volume da 2 a 4 volte inferiore a quello richiesto con materiali precedenti.

Due interessanti applicazioni delle cosidette bolle magnetiche sono illustrate nelle memorie *77* e *1*.

Le bolle magnetiche, concepite circa dieci anni fa, sono domini magnetici di forma cilindrica (diametro 5 μm ca.) ospitati in uno strato di materiale magnetico spesso pochi micron, polarizzati in direzione normale allo strato ospitante e di verso opposto. Associando alla presenza ed alla assenza di una bolla i valori rispettivamente di 1 bit e di 0 bit, è possibile realizzare memorie seriali, in cui l'informazione è registrata sotto forma di sequenze di bolle e di vuoti.

Le memorie a bolle magnetiche sono interessanti per l'alta densità di informazioni che possono contenere, la bassa potenza consumata e l'assenza di parti in movimento. La relazione *77* descrive appunto un prototipo da laboratorio di una memoria a bolle magnetiche del tipo registro a scorrimento a 1024 bit e in particolare ne illustra gli elementi circuitali di generazione, propagazione e rivelazione delle bolle e le tecnologie messe a punto per la deposizione e l'incisione degli strati sottili relativi.

La memoria *1* descrive invece un nuovo procedimento per ottenere dispositivi di visualizzazione (*display*), partendo da materiali base per bolle magnetiche (film epitassiali di granati magnetici); il procedimento messo

a punto consente di modellare, mediante l'applicazione di opportuni campi magnetici, i domini magnetici dei film, in modo che essi assumano forme diverse, ad esempio caratteri alfanumerici, che restano stabili, in assenza di campi magnetici esterni, e che si rendono visibili mediante effetto Faraday.

Sulle prove di materiali magnetici sono state presentate tre interessanti memorie; una (la *46*) riguarda le prove dei nuclei in ferrite dolce per telecomunicazioni. La memoria sottolinea la necessità di individuare con sufficiente precisione le loro caratteristiche e mette in evidenza che ciò può effettuarsi o provando dei nuclei toroidali fabbricati *ad hoc* col materiale in esame o sperimentando direttamente sui componenti che utilizzano il materiale e conclude sostenendo l'utilità delle misure dirette sui nuclei finiti e assemblati.

La seconda memoria (n° *59*) nasce da un articolo delle Norme CEI 61-1 (del 1976), che ha introdotto la definizione di coefficiente di anisotropia magnetica delle lamiere per macchine elettriche, in base alle perdite magnetiche specifiche di campioni di lamiere prelevate nel senso della laminazione e in senso normale, e ne ha prescritto la determinazione per le lamiere a cristalli non orientati, utilizzabili quindi in tutti i casi in cui il flusso magnetico assume direzioni diverse da punto a punto (macchine rotanti). Gli autori si sono chiesti se tale parametro poteva essere considerato costante al variare dell'induzione e hanno eseguito prove su venti campioni di diversa provenienza (spessori da 0,35 a 0,6 mm, perdite specifiche a 50 Hz e 1 T variabili fra 1 e 4 W/kg ca.), esplorando il campo fra 0,5 e 1,5 T, perché questa variazione può verificarsi nelle macchine elettriche. Dalle prove (due per ogni tipo di lamiera) è risultato che il coefficiente di anisotropia magnetica, come definito dalle Norme, varia sensibilmente al variare dell'induzione. Senza entrare nel merito delle cause che possono spiegare tale comportamento, gli autori concludono che tale coefficiente ha significato solo se si rileva il suo andamento in tutto il campo di possibile variazione dell'induzione.

La memoria *7* svolge invece un esame delle anomalie delle perdite di potenza nei materiali magnetici, partendo dalla constatazione che le curve di perdite per ciclo in funzione della frequenza non seguono in generale l'andamento previsto dal modello classico universalmente accettato. Secondo questo modello le perdite sono infatti calcolate come somma di un contributo costante, legato all'area del ciclo di isteresi, e di un termine crescente linearmente con la frequenza, legato alle correnti parassite. Le perdite reali sono invece generalmente maggiori di quelle così calcolate e la curva delle perdite in funzione della frequenza non è lineare. La memoria discute le teorie proposte per spiegare questa anomalia, collegandola con i fenomeni di correlazione tra i processi microscopici di magnetizzazione.

L'ultima memoria del gruppo materiali magnetici (la *86*) presenta alcune considerazioni sulla rappresentazione matematica delle caratteristiche di circuiti ferromagnetici e propone un interessante metodo per tracciarle in

base ad alcuni punti rilevati sperimentalmente, utilizzando metodologie dell'analisi statistica. Il problema della rappresentazione matematica della caratteristica di un materiale ferromagnetico è già stato affrontato più volte e risolto in vari modi mediante funzioni polinomiali o funzioni trascendenti. Introducendo l'analisi statistica per approssimare al meglio l'insieme delle osservazioni sperimentali, la memoria mostra come sia possibile ottenere, con pochi punti, caratteristiche molto vicine al vero e riporta alla fine alcuni confronti significativi.

P. R.

NOTE

1 Alla memoria *9* è stato assegnato il Premio 'Industrie Elettriche di Legnano 1978' *ex aequo* con la memoria *36*.

2 Alla memoria *19* è stato assegnato il 'Premio 3M Italia 1978' *ex aequo* con la memoria *50*.

3 Alla memoria *50* è stato assegnato il 'Premio 3M Italia 1978' *ex aequo* con la memoria *19*.

4 Meglio sarebbe dire 'campo dielettrico' o ' campo di tensione ', riservando il nome di ' campo elettrico' o 'campo di corrente' al campo che si crea all'interno di un conduttore percorso da corrente. I due campi sono governati da relazioni analitiche formalmente simili e generalmente sussistono assieme, ma di solito uno è così fortemente prevalente sull'altro che uno dei due può venire di volta in volta trascurato. Comunque, seguendo una tradizione ormai entrata nell'uso, chiamerò campi elettrici anche i campi di tensione, che si generano fra due conduttori a differente potenziale elettrico, isolati fra loro.

5 Alla memoria *36* è stato assegnato il 'Premio Industrie Elettriche di Legnano 1978' *ex aequo* con la memoria *9*.

Indice numerico delle Memorie

1. Antonini B. - Borghese C. - Menegalli S. - Paroli P. - Scarinci F. - Tappa R. - Tesei E. - Toni M. — Film epitassiali di granati magnetici come materiale per scrittura magnetica e display magneto-ottici.
2. Cognetti C. - Iannuzzi G. — Compatibilità metallurgica tra saldatura con leghe bassofondenti e dispositivi a semiconduttore.
3. Barbero C. - Orta R. — Caratterizzazione di materiali diffusi per ottica integrata.
4. Salardi G. - Pellegrini B. - Di Leo T. — Proprietà del GaAs in funzione della temperatura e del campo elettrico.
5. Scansetti F. - Cartoceti A. — I nuovi composti cobalto-terre rare per magneti permanenti.
6. Cartoceti A. - Scansetti F. — Le ferriti per magneti permanenti. Esempio di applicazione nei motori elettrici.
7. Ferro A. - Mazzetti P. - Montalenti G. - Soardo G. P. — Anomalie delle perdite di potenza nei materiali magnetici.
8. Allia P. - Fiorillo F. - Soardo G. P. - Vinai F. — Materiali magnetici amorfi.
9. Bobbio A. - Celasco M. - Fiorillo F. - Mazzetti P. — Studio dei difetti nei metalli con il metodo del rumore di corrente.
10. Masoero A. - Mazzetti P. - Stepanescu A. — Preparazione, trattamenti termici e proprietà elettriche delle pellicole sottili di ossido di tungsteno non stechiometrico W_3O_{8-x}.
11. Romano I. - Schifani R. — Sul comportamento di dielettrici solidi sottoposti a tensione deformata.
12. Cova S. - Longoni R. - Misure capacitive di precisione per caratterizzazione di semiconduttori.
13. Morten B. - Canali C. - Taroni A. - Ferla G. — Effetti di piezoresistenza in zone superficiali di silicio.
14. Morten B. - Prudenziati M. - Taroni A. — Piezoresistenza in resistori a film spesso depositati per serigrafia.
15. Cavallaro C. - Consoli A. — Materiali superconduttori nelle macchine elettriche.
16. Ciaffi M. - Conti F. — Moderni materiali dielettrici impiegati nelle attuali tecnologie di isolamento delle macchine elettriche.
17. Canali C. - Prudenziati M. — Materiali semiconduttori per la conversione fotovoltaica.
18. Prudenziati M. - Costa U. - Proprietà e meccanismo di conduzione in resistori cermet a base di RuO_2.
19. Losi A. - Canali C. - Jacoboni C. — Effetto delle impurezze sulle proprietà di trasporto degli elettroni in Si ad elevati campi elettrici.
20. Donini B. - Pirovano G. — Rilevazione dei limiti di utilizzazione dei cavi a media tensione interrati nelle reali condizioni di posa.
21. Geddo M. - Gustinetti A. - Maghini D. - Stella A. — Il problema dell'adattamento delle proprietà ottiche dei materiali a particolari esigenze applicative.
22. Degli Esposti G. - Mosca W. - Perinelli D. — Sul significato fisico dell'angolo di perdita nei dielettrici.
23. Reynaud Bersanino C. - Tomassi A. — Conduttori adottati nelle stazioni elettriche a 380 kV dell'ENEL.
24. de Iorio I. - Rossi F. — Caratteristiche elettriche e meccaniche delle leghe nickel-indio elettrodepositate.
25. Anelli P. - Beretta G. - Ronzani P. — Materiale plastico conduttore a base di PVC utilizzato come rivestimento protettivo dei cavi telefonici.
26. Baldi R. - Passerini B. - Pidatella S. - Vernazza G. - Viviani R. - Zambelli M. — Misura di parametri fisici e geometrici di tiristori e loro influenza sulle caratteristiche statiche dirette.
27. Baccarani G. - Celotti G. - Masetti G. - Severi M. - Spadini G. — Proprietà del silicio policristallino depositato mediante sputtering a radio frequenza.
28. Donolato C. - Merli P. G. - Vecchi I. — Caratterizzazione cristallografica dei difetti associati a microplasmi di giunzione $N+-P$.
29. Morandi C. - Spadini G. — Determinazione dei tempi di vita dei portatori in silicio mediante condensatori MOS.
30. Bisio G. R. - Delfino R. — Indagine sulle tecniche di misura dei tempi di vita in diodi P-I-N.
31. Cazzani A. - Tironi E. — Oli isolanti: rigidità dielettrica col fluido in moto a differenti velocità.
32. Fanetti E. - Fiorito G. - Flores C. — Crescita e caratterizzazione di GaAs e GaAlAs per celle solari.
33. Centurioni L. - Coletti G. - Pisani F. — Degradazione di resine epossidiche sottoposte a scariche parziali superficiali in presenza di differenti gas.
34. Centurioni L. - Molinari G. - Viviani A. — Un contributo allo studio del comportamento di dielettrici alla temperatura dell'azoto liquido.
35. Liberti G. - Molinari G. — Alcuni risultati sul comportamento dielettrico di azoto liquido fluente pressurizzato.
36. Molinari G. - Viviani A. — Simulazione numerica e confronto con risultati sperimentali dei fenomeni di conduzione per convezione di impurità in un dielettrico liquido.
37. Travaglini G. P. - Chiozzotto M. — L'impiego dell'alluminio e sue leghe nei conduttori elettrici.
38. Fucini E. - Pomponi R. — Cavo telefonico con rivestimento plastico conduttore per la protezione simultanea contro i fulmini, l'induzione elettromagnetica e la corrosione.
39. Fiorini P. - Perrone A. — Nuove leghe di alluminio per conduttori elettrici: caratteristiche e prospettive.
40. Giordano V. - Majocchi A. — Isolamento e manutenzione.
41. Tonti A. - Zanella R. — Infiammabilità dei dielettrici per impiego elettrotecnico.
42. Fiorito G. - Gasparrini G. - Passoni D. — Una proposta per la crescita di monocristalli di tellururi di cadmio e mercurio ad elevata omogeneità di composizione.
43. Bergamini P. - Donzelli G. P. - Guarini G. - Svelto V. — Caratterizzazione di strati epitattici di GaAs su substrati semiisolanti.

44. Pattini G. - Simoni L. — Considerazioni sulle prove di « Voltage Endurance ».
45. Queirolo G. — Misure di resistenza di spreading su arseniuro di Gallio.
46. Peroni M. - Ferrarese A. — Nuclei in ferrite dolce per telecomunicazioni: problemi di caratterizzazione e metodi di misura.
47. Brambilla E. - Piacentini G. F. — Meccanismi di conduzione in D.C. nell'ossido di tantalio (Ta_2O_5).
48. Rosati S. - Scalisi G. — Guasti nei materiali isolanti nell'esercizio di una rete di distribuzione in cavo.
49. De Castro E. - Ricco' B. — Cristalli a struttura lamellare. Stato delle ricerche e prospettive di applicazione.
50. Finetti M. - Mazzone A. M. - Ostoja P. - Pasari L. - Ricco' B. - Susi E. — Studio della conducibilità in silicio drogato con fosforo.
51. Armigliato A. - Bentini G. G. - Buldini P. L. - Lanza P. - Ruffini G. — Caratterizzazione chimica del silicio per dispositivi.
52. Angelucci R. - Armigliato A. - Celotti G. - Negrini P. - Nobili D. - Ostoja P. - Servidori M. - Solmi S. — Solubilità e predisposizione termica di fosforo e boro in silicio.
53. Cocito M. - Gorgellino F. - Soldani D. — Impieghi della microscopia elettronica a scansione nella caratterizzazione di strati e strutture in GaAs per dispositivi optoelettronici.
54. Majni G. - Prudenziati M. - Ottaviani G. — Interdiffusione in film Cr - Au.
55. Majni G. - Ottaviani G. — Processi di interazione Si/Al a bassa temperatura.
56. Canali C. - Majni G. - Ottaviani G. — Ricrescita epitassica da fase solida.
57. Basola C. P. - Esposto F. — Materiale fotosensibile ad alta efficienza di diffrazione per registrazioni olografiche.
58. Frola P. — Sistema di connessioni rigide per conduttori in barre di alluminio.
59. Cazzani A. - Cazzani Cita G. — Determinazione del coefficiente di anisotropia magnetica di lamiere sottili: rilevamenti secondo le modalità di prova normalizzate.
60. Cesari S. - Yakov S. — Determinazione delle curve volt-tempo relative all'innesco delle scariche parziali negli isolamenti in carta-olio dei trasformatori.
61. Negri F. - Serena E. - Zafferani G. — Il controllo dell'efficienza dell'isolamento dei trasformatori di corrente in servizio.
62. Cembali G. F. - Galloni R. - Pedulli L. - Servidori M. - Zignani F. — Drogaggio del silicio mediante impianto di ioni fosforo.
63. Hanke I. — SIFERRIT N 58 - Un nuovo materiale magnetico ad elevato fattore di merito e sue applicazioni.
64. Audino R. - Lacquaniti V. - Parmentier R. - Savo B. - Taiariol F. - Vaglio R. — Deposizione di strati sottili di niobio per l'attuazione di giunzioni « Tunnel Josephson ».
65. Colla F. - Sasdelli R. — Condensatore in carta impregnata con olio non persistente.
66. Checcacci P. F. - Scheggi A. M. - Daino B. - Someda C. G. — Caratteristiche di fibre ottiche a basse perdite ottenute da dielettrici disponibili commercialmente.
67. Cattaneo A. - Cocito M. - Forlani F. - Prudenziati M. — Meccanismi relativi a materiali conduttori non metallici usati in resistori a film spesso.
68. Schnoeller M. - Haas E. W. - Lucano B. — Silicio NBH per semiconduttori di elevatissima potenza. Drogaggio omogeneo al fosforo del silicio mediante irraggiamento neutronico.
69. Aglietti G. - Branchini G. - Rinaldi M. — Limiti di impiego dei condensatori in pellicola di materiale plastico metallizzata nei regimi di corrente impulsiva.
70. Piazzini M. - Colombo O. — L'impiego delle resine epossidiche nell'isolamento di apparecchiature a media tensione per interno. Situazione attuale e tendenze.
71. Armanini D. - Centemeri A. — Alcune esperienze comparative su nuove leghe ad elevato valore di resistività.
72. Andreone D. - Arri E. - Barone A. - Lacquaniti V. - Marullo G. - Salinas C. - Vaglio R. — Giunzioni « Tunnel Josephson » a strato per l'impiego come campioni primari di tensione.
73. Bossi A. - Lecis I. - Serena E. - Sesto E. — Problemi connessi con l'impiego dei PCB nel macchinario elettrico.
74. Bossi A. - Botta G. — Materiali superconduttori per il macchinario elettrico: prospettive e problemi di impiego.
75. Colombelli A. — Scelte e verifiche dei materiali isolanti impiegati nelle apparecchiature elettriche di bassa e media tensione.
76. Antolini A. - Audino R. - Destefanis G. - Papuzza C. - Taiariol F. - Tamagno S. — Caratterizzazione di strati sottili di tantalio deposti per sputtering.
77. Ansaldi R. - Antolini A. - Audino R. - Destefanis G. - Leproni L. — Realizzazione di una memoria a bolle magnetiche del tipo registro a scorrimento a 1024 bit.
78. Bossi A. - Serena E. - Sesto E. — La rilevazione del degradamento dell'isolamento dei trasformatori mediante l'analisi dei gas disciolti nell'olio.
79. Bossi A. - Cremonesi G. - Madama G. - Sesto E. — Problemi connessi con l'impiego del dielettrico misto nei condensatori di potenza.
80. Giorgi A. - Malaguti C. — L'impiego di materiali organici nella realizzazione di isolatori portanti per interno per apparecchiature MT.
81. Di Giacomo G. - Paoli P. - Tessadori G. — Comportamento termico dei conduttori delle linee elettriche aeree. Indagini sperimentali e metodi di simulazione.
82. Botta G. - Farneti F. - Sesto E. — La valutazione statistica delle caratteristiche elettriche dell'isolamento estruso dei cavi di energia.
83. Malaguti C. — L'impiego di materiali organici per la realizzazione di isolatori per linee ad alta ed altissima tensione.
84. Malaguti C. - Mazza G. - Tomba A. — L'invecchiamento dei materiali organici destinati alla realizzazione di isolamenti per interno di cabine M.T.
85. Antolini A. - Costa B. - Esposto F. - Vezzoni E. — Misure di parametri relativi a strati sottili di ossido di tantalio per ottica integrata ottenuti con tecnica di « sputtering ».
86. Battistelli L. - Mongelluzzo R. - Murolo F. — Alcune considerazioni sulla rappresentazione matematica della caratteristica di circuiti ferromagnetici.

SOEBEN ERSCHIENEN

INDEX GENERALIS 1907-1975

von

SCIENTIA

Internationale Zeitschrift
für wissenschaftliche Synthese

Die Einführung hat Herr Prof. Giuseppe Montalenti des Genetikinstituts der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rom verfasst.

Der Index Generalis besteht aus einem Band von 100 Seiten. Darin sind über 3.500 Beiträge von Wissenschaftlern der ganzen Welt angeführt, die Scientia in 70 Jahren veröffentlicht hat. Es handelt sich gewissermassen um eine Geschichte des wissenschaftlichen Denkes dieses Jahrhunderts bis auf den heutigen Tag.

Die zur Erstellung des Index angewandten Regeln sind in einer am Anfang des Bandes zusammengefassten Begriffsklärung angegeben.

Die Datenverarbeitung wurde vom CNUCE, einer vom CNR abhängigen Anstalt, geleistet.

Preis des Bandes: Europe Lit. 4.000, andere Länder $6.00

Bestellungen werden vom Verlag entgegengenommen:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Materials for Electrotechnical and Electronic Uses

Scientific synthesis of the LXXVIII Annual Meeting of the Italian Electrotechnical and Electronic Association, held on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Como, 18th-23th September 1977

PIERO REGOLIOSI
Politecnico di Milano

For the 150th anniversary of the death of Alessandro Volta, Como, the city where Volta was born, served as a center for numerous scientific gatherings held in his honor. Among these was the 78th annual meeting of the Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana (AEI) (Italian Electrotechnical and Electronic Association). It was opened with an inaugural address by Prof. Emilio Gatti. Other activities commemorating Volta connected with the AEI meeting included an exhibit entitled *Electrical Energy from Volta's Battery to Today*, organized by ENEL (National Electricity Board), and a film on Volta's life with the significant title *The Story of a Genius and a Man* produced by Italian Swiss Television with Bernardo Malacrida and Maria Azzi Grimaldi, both from Como, and directed by Chris Witwer. The theme of the 78th meeting of the AEI was *Materials for Electrotechnical and Electronic Uses*. This subject, chosen following an annual rotation, is linked with Volta. In his multiple scientific activities, he had occasion to deal with both dielectrics and conductors, bringing significant original contributions to these studies. Eighty-six papers were presented at the meeting, subdivided into four sections: Conductors, Semiconductors, Dielectrics and Magnetic Materials. Conductors and dielectrics both have the property of conducting an electric current with a linear (approximate) characteristic voltage-current. Conductors possess this property to a high degree (and thus by antonomasia are called conductors) whereas dielectrics have this characteristic to a negligible extent so that they can be considered as insulators and they are used and labelled as such. In the scale of electrical resistivity, conductors and dielectrics are at opposite extremes, with resistivity values going from 10^{-8} to 10^{16} Ω·m (ohm·meters). Semiconductor materials have intermediate resistivity between the two preceding groups, but above all they have a non-linear voltage-current characteristic and other special characteristics that I shall mention later.
Finally, magnetic materials form a group in themselves; their capacity conduct current, if it exists, is not used (in fact it is often contested); however, they have the property of conducting magnetic flux hundreds or thousands of times more than the three preceding materials and they are used for this quality.

CONDUCTORS

In this category we consider more specifically the conductors that Volta labelled as the first kind, that is, all metals and their alloys. Their electrical resistivity is between 10^{-8} and 10^{-6} Ω·m. However one should point out that the resistivity value of a conductor is strongly influenced both by its degree of purity and by any thermal or mechanical treatment it undergoes. The material that least resistivity is *silver* (1.64×10^{-8} Ω·m at 20°C) but it is not used in technical fields obviously because of its price. Next in the

scale of resistivity come *copper* (1.73×10^{-8} Ω·m) and *aluminum* (2.8×10^{-8} Ω·m) both of which are widely used. In addition to having lower resistivity, copper also has a greater mechanical resistance than aluminum (the traction breaking strain of copper is 38-48 daN/mm², of aluminum it is 15-25 daN/mm²) and the former is more ductile. In contrast, the specific gravity of aluminum is about 3.3 times smaller than that of copper, and given equal electrical characteristics, it costs less (the relative cost varies with the market).

Until about 50 years ago copper was the uncontested leader in the field, both in the construction of electrical machinery and equipment, and in the large bus-bars for transformation and distribution substations and in electric mains. Since the twenties there has been a successful attempt to give aluminum mechanical characteristics that are comparable to those of copper while maintaining, within certain limits, its electrical characteristics. From these efforts came the alloy *aldrey*, an alloy composed of roughly 99% aluminum, 0.6% silicon and 0.4% magnesium which has a resistivity of 3.1×10^{-8} Ω·m and a traction breaking strain of 28-35 daN/mm². In 1927 the first Italian 220 kV power line (and one of the first in Europe) that starts in Cardano (Bolzano), goes to Cislago (Milan) and continues to Turin, was constructed of an aldrey cable, to supply the plains, while the mountain supply is made of a mixed aluminum-steel cable where the steel, which forms the central core strand of the cable basically fulfills a mechanical task and the aluminum fulfills the electrical need. This choice was also influenced by the fact that, given the greater resistivity of aluminum and aldrey compared with copper, the diameter of the conductors, given equal resistance, would be greater, and therefore naturally achieved the value needed at that voltage, to avoid losses caused by the '*corona* effect'.

Since then, the use of aldrey and especially of aluminum-steel for medium and high voltage lines has become widespread. This is also because the accessories (coupling, connections, shunts) suited for bimetallic construction of the conductor have gradually been perfected. However, in low voltage lines, especially for small cables and windings for machines, aluminum has encountered and still is encountering various difficulties because of its greater resistivity which requires larger sections, and because of its lower mechanical resistance and lower ductility, which makes thin wire-drawing more difficult.

In the effort to improve the mechanical characteristics of aluminum, a new alloy has been recently produced, composed of aluminum, iron and silicon. It is called *almhoflex*, and is presented and fully described in papers *37* and *39* along with other alloys containing iron. This new alloy has a resistivity of 2.85×10^{-8} Ω·m (nearly the same as that of aluminum), but has greater rigidity which allows its use in bus-bars, even with long spans, and a considerably greater traction breaking strain, which allows thinner wire-drawing without or at least with few intermediate annealings between one wire-drawing and another, as happens with copper.

Thus the new material is suited for replacing copper both in low voltage substations and in machine coils and electrical equipment, and with present prices, this substitution is economically advantageous. Furthermore, in high voltage wires, the new material can replace the aluminum in aluminum-steel conductors allowing, due to its better mechanical characteristics, greater lengths and thus longer distances between pylons. New information on aluminum or alloy conductors adopted in the 380 kV electric power stations of ENEL (Ente Nazionale per l'Energia Elettrica) are contained in paper *23* while paper *58* proposes a new system for achieving the junction of aluminum busbars thus avoiding the oxidation that normally occurs on contacts.

Finally, paper *81* reports an experimental investigation on the thermal behavior of conductors of aerial electric lines and the simulation methods introduced to represent

it. Paper *20* shows the results of the raising of limits of use of medium voltage cables in real test conditions.

The second sector where new developments have occurred in the field of conductors concerns materials for *precision resistors* destined for electrical instrumentation for control and measurements. As is known, these materials must have high resistivity to allow the construction of sufficiently compact resistors, but above all their resistivity must not vary with temperature or time and the small thermoelectric e.m.f. compared with copper or its alloys, of which the terminal clamps of the resistors are made, in order not to introduce parasite voltages. Since no pure metals fulfill the first two requirements, in order to construct precision resistors one uses alloys which, to some extent are all subject to a certain drift in time due to slow structural variation. Thus research has continued and has led to the gradual identification of different alloys and various kinds of mechanical and thermal treatment intended to stabilize their crystalline structure.

The most commonly used alloy until now has been manganine, a copper alloy containing manganese and nickel in different proportions. It dates from the end of the last century, has a resistivity of $42 \div 45 \times \times 10^{-8}$ Ω·m at 20°C and a temperature coefficient (variation in relation to the resistivity for each degree Centigrade) of about 1×10^{-5}, whereas pure metals have a t. coefficient of $(3 \div 6) \times 10^{-3}$. The thermoelectric electromotive force (e.m.f.) of manganine compared with copper is one of the lowest (1 μ V/°C); finally, its stability in time is much improved compared with some alloys made a few decades ago, though over long periods, it needs regular testing.

In the Como meeting, nickel and chrome based alloys with small percentages of other metals (manganese, silicon, etc.) were described (paper *71*). Though they have been known for a long time, only now after years of experiments and continuous technological improvements, can one say that manganine has been superseded. Although these alloys have different commercial names, they have similar characteristics. The best have a resistivity in the order of 130×10^{-8} Ω·m, that is, three times higher than manganine. Their thermoelectric e.m.f. compared to copper is 0.5 μV/°C, thus half of that of manganine, and they have temperature coefficient of the same value (1×10^{-5}). Their stability in time has been tested over more than ten years of observation.

The third sector considered by the meeting concerns *non-metallic conductors*. The lead sheaths surrounding underground cables must be protected from the aggressive action of the ground and from wandering currents that are there, especially near railways or electrified tramway with continuous current. To provide this protection, initially these lead sheaths were covered with a layer of tarred jute, and more recently, they have been covered with a second insulating sheath, usually PVC (polyvinyl chloride). But this sheath, that isolates the cable from the ground, prevents the exchange of currents between lead and ground and therefore nulifies the shielding effect of the lead against electromagnetic interference produced by nearby electric lines. To reinstate the shielding effect, at different intervals one must connect the lead shield to earth, an inconvenient and occasionally difficult task. In addition, the insulating sheath may be perforated, possibly in long stretches, by excess voltage produced in the ground by lightning which strikes the ground near the cable. In order to protect the cable from the aggressive action of the ground and wandering currents, yet without encountering the other problem, a mixture of PVC and dispersed carbon black has been perfected.

The protection mechanism, with seemingly contradictory effects, works as follows: the PVC sheath charged with carbon black presents a low electrical resistivity (5 Ω·m) and therefore acts as a conductor, allowing the diffuse exchange of currents between the ground and the lead if nearby high tension lines induce voltage in the lead, and not allowing the development of noticable dif-

ferences in potential between the ground and the lead, if in the ground strong voltage gradients appear as a result of lightning bolts; finally, if wandering currents are present in the ground, the sheath inhibits the corrosive effects on the lead, since corrosion occurs through contact between electrolyte (the ground) and conductor, therefore, if at all, on the charged PVC sheath. But laboratory experiments and practical tests demonstrate that, in the specific case, damage to the PVC sheath (with the transformation of the graphite granules into carbon dioxide and the subsequent reinstatement of the insulating power of PVC) does not occur as long as the difference of potential between ground and lead is between + 2 and — 10 V, that is, within the values normally encountered with wandering currents.

Papers *25* and *38*, which deal with this topic, describe the tests carried out on new materials and the practical experiment carried out on a 13 km stretch of telephone cable, with favorable results so far.

Still in the realm of conductors, a fourth topic treated was *superconductivity* (papers *15* and *74*). As we know, this is the term for the sudden drop in resistivity produced in certain conductors at near absolute zero. This phenomenon was discovered in 1911 by Kammerling Onnes and since then has been actively studied, giving rise to various interpretations. But only at the beginning of the 1960's it has been exploited for industrial applications. In this period the identification of new properties of super conductors and the availability of new materials that are more suited for applications have suddenly opened new perspectives for use that embrace a vast area from high to very low power.

The variety of superconductor materials includes some twenty elements, a few alloys and numerous intermetallic compounds. But while pure metals have a transition temperature of $4 \div 9$ K, the alloys and intermetallic compounds currently known become superconductors at a higher temperature ($18 \div 20$ K) which obviously makes them preferable. The most readily available superconductors on the market today are an alloy niobium-titanium (NbTi) which is most commonly used, and the intermetallic compounds niobium-tin (Nb_3Sn), vanadium-gallium (V_3Ga) and, more recently, niobium-germanium (Nb_3Ge). All these materials are generally supplied in the form of cables composed of many thin superconductor strands immersed in a copper or bronze matrix. The superconductor state is usually obtained by immersing the cable in liquid helium which has a boiling temperature of 3.19 K.

The advantage of superconductivity lies in the fact that, with a negligible electrical resistance, the losses by the Joule effect are negligible so that on can achieve very high current densities. However, this is limited by the fact that for every material there is a critical density; if one goes beyond it the material loses its characteristic as a superconductor. This property also vanishes in the presence of very intense magnetic fields. The most important applications of superconductivity today concern:

— Excitation windings of electromagnets in the field of high energy and plasma physics; for this purpose inductions up to 15 T and stored energies of more than 800 kJ have been achieved.

— Excitation windings for rotary electric machines, especially alternators and homopolar machines; the latter have been used in their first practical applications, given the simplicity of their excitation circuit. The main advantage of this kind of winding lies in the fact that one can easily reach very high inductions, well beyond the saturation values of iron so that the presence of iron is unnecessary both in the rotor and in the stator. Therefore the machines are lighter and smaller than normal machines. The prospects, evaluated on the basis of constructed prototypes, are that beyond a certain power, the machines with superconductors windings would be more economical both in cost and in use, despite the complications arising from the required cooling. Prototypes of 2400 kW homopolar machines and turboalternators up to $5 \div 6$ MVA have already been con-

structed and there are plans for 30,000 kW motors and alternators up to 1000 MVA. Prototypes and plans on this level have also been realized in Italy.

— Electric cables for the transport of large power. This has only been achieved in a few cases but advanced studies lead us to think that the use of superconductors for the transport of electrical energy is convenient for power above 2000 ÷ 3000 MVA.

— The construction of electromagnets for magnetic elevation of vehicles. In this case the advantage of electromagnets with superconductor windings lies especially in the very high values of the sustaining forces obtainable as compared with systems that use permanent magnets or air cushions. These are forces that allow the raising of vehicles up to 100 ÷ 150 mm from the plane of reference. In Japan work is being carried out on a project for a train that should be able to run at 500 km/hour and at 100 mm from the surface of the ground.

— Josephson effect devices. This is an area that can be distinctly separated from the previous fields since it only concerns small power but it offers brilliant prospects. The Josephson effect, identified theoretically in 1962, occurs in a superconductive 'tunnel junction', that is, in a system of two superconductors that are separated by an insulating barrier having a thickness $s = 1 \div 3$ *nm*, taken to cryogenic temperatures; it consists of the fact that, when at the ends of the junction there is a continual difference of potential V_o, the junction, supplied by a current generator, is crossed by an alternating supercurrent that has a frequency f_j that is strictly linked to V_o by the fundamental constants:

e = charge of the electron
h = Planck's constant

according to the relation:

$$f_j = \frac{2e}{h} V_o.$$

This allows a net progress in the conservation of the unit of voltage (now made of the standard cells that give about 1 V with an uncertainty in the order of 1×10^{-6} V), attaching it to the ratio of the fundamental constants $2e/h$ by a measurement of frequency; given the precision with which this measurement can be executed, the uncertainty in the conservation of the volt is reduced to a few units times 10^{-8}, with a considerable leap in quality.

The main metrological laboratories of the world have approached this problem, including a team from our Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, who give their report in paper *72*. The studies on this subject are not completed because, among other things, scientists are looking for superconductor materials suitable for increasing the value of the voltage V_o which is now limited to a few millivolts. This is in order to reduce the ratio of the resistivity comparator that is necessary in relation to the standard cell, but which introduces causes of uncertainty.

In this paper and in another (*64*) other aspects of the Josephson effect that are also interesting from the theoretical standpoint are discussed. While on one hand there is research into the possibility of linking several junctions in series in order to increase the voltage, other properties of the phenomenon are being observed and utilised. For example, a junction of two superconductors with weak coupling can serve as an element of normal superconductor-conductor commutation both in logic and memory networks, to activate ultra-fast calculators, and in the construction of high sensitivity magnetometers capable of showing variations in the magnetic field lower by several orders of magnitude than the earth's field. The sensitivity of these magnetometers extends to the whole range of frequencies from continuous to microwaves, which allows the expansion of their use as detectors of biocurrents (magneto-cardiographs, magneto-encephalographs), of gravitational waves (fluctuations in the earth's magnetic field), in low temperature noise and magnetic thermometry and finally in electrical metrology in current and voltage comparators,

with fewer uncertainties than those attainable today, especially in the measurement of attenuations and potentials in radiofrequencies.

To complete the series of applications of superconductivity in the metrological field, we mention superconductive coils as examples of pure inductance, superconductive cavities as resonators of great Q-factor, and superconductive fixed points for the realization of the thermodynamic temperature scale below 10 K, etc.

The series of articles in the field of conduction materials ends with some papers concerning research into *methods for examining materials*. Of particular interest for the study of internal defects in metals is the proposal (contained in paper *9*)[1] on a new procedure based on the measurement of the spectrum 'of current noise', that is, of the fluctuation in the voltage that appears at the ends of the conductor under examination when it has a constant current going through it, when, by a technique suggested in the paper, the part of the fluctuation caused by the disordered movement of the electrons (Johnson noise) is suppressed.

Some of the papers discuss the quality control and reliability of materials for microelectronics. They discuss the partially controversial theme of the correlation between the crystallographic phase of tantalum obtainable by cathode pulverization, and the presence of impurities (paper *76*) or the problem of the conduction mechanism of tantalum oxide (paper *47*) or finally the question of deposition and characterization of protective coverings in the electronic field (paper *24*). Finally, other papers analyze the electrical and mechanical properties required in metallization for the realization of conductive networks and of contacts in microelectronics, especially examining the case of the chrome-gold system (paper *54*), or they discuss the problem of the characterization of the structure and composition of particularly complex systems such as film resistors often obtained by serigraphy (paper *67*) or processes of low temperature silicon/aluminum interaction (paper *55*).

In the papers in this group, various techniques are used such as spectrometry of back scattering ions, diffractometry, X-ray fluorescence and scanning electron microscopy.

SEMICONDUCTORS

For the presentation of these materials, which are being handled for the first time in our meeting, I have taken many ideas from the excellent introduction by Professor De Castro, the general coordinator on semiconductors for the meeting.

Among the materials that have interest for engineering, because of their electrical properties, semiconductors play a unique role.

Used in the dawn of radiotechniques, in point contact rectifiers (the 'crystal' of the 1920's) they were soon forgotten. They reappeared during the Second World War in the microwave circuits of radar, and became established with transistors in the 1950's. Since the 1960's they have established a firm position with integrated silicon circuits, with devices for gallium arsenide microwaves and with photoelectronics, in an enormous variety of applications.

Semiconductors owe their name, as we have said, to their property of having an electric resistivity between 10^{8} and 10^{-6} Ω·m. This is an intermediate level between good insulators and good conductors. But much more important is the fact that their conductivity, ad compared with that of conductors, increases greatly with temperature and those phenomena of electricity transport inside them are greatly influenced by:

— impurity content, even if in minute concentrations;

— the state of the surfaces surrounding the material;

— the form of the material, that is, if it is a monocrystal or a polycrystal or an amorphous material.

This explains the long gestation period that preceded the systematic applications of these materials. Applications required the development of a physical-mathematical conceptual

model of a microscopic kind that would allow the orientation of experimental research. But this model was slow in arriving because the behaviour of the moving charges (electrons) inside a solid and therefore subject to the action of intense fields of interatomic forces that are strongly variable over very short distances, has proved very different from what had been predicted in classical physics.

This model, developed substantially between 1930 and 1940, can be considered one of the most brilliant derivations from quantum theory and its systematic application has led to a deeper understanding of all known phenomena that take place in materials in the monocrystal state. This subsequently initiated an extraordinary innovative process, begun with the invention of the transistor and culminating with the development of integrated circuits. In a little less than thirty years since the invention of the transistor, there have been great advances on the road to applications of semiconductor materials. But what has been clearly understood and widely exploited on the industrial level concerns almost exclusively the particularly simple semiconductor category, the monocrystals.

In the case of polycristalline semiconductors, the understanding of the phenomena that take place in them is still rather uncertain because the agglomeration of a large number of minuscule monocrystals with uncertain dimensions and orientations, gives rise to complicated effects on the interfaces between the different monocrystal islands. Nevertheless, some very interesting applications of polycrystalline semiconductor films have been developed. These include the use of high sensitivity infrared detectors that have varied industrial and military uses and use in cosmological research.

As for amorphous semiconductors, an understanding of them is still in a primordial state because it has proved even more difficult to apply to them the model that was so successful in the study of monocrystals. Nevertheless, some general ideas, even if they are mainly qualitative, have been acquired in this field too, and there is no lack of motivation for applications if one considers the economy derived from the elimination of monocrystal growth processes, which are mentioned in several later papers, and if one considers the prospects for exploiting phenomena that do not require the use of materials of great purity. It is not by chance that in the past ten years research on amorphous semiconductors has rapidly intensified, leading towards well-established applications such as high photoconductivity amorphous films for xerographic processes. New applications are already appearing that are based on the different electrical and optical processes of monocrystalline and amorphous states. They are directed towards the sector of memories for electronic calculators and memorization of images. This allows one to foresee completely new systems of development and optical information.

A long road has been travelled, but everything leads one to believe that there is still far to go and that other big surprises await us in this fascinating category of materials.

Certain current topics, mentioned above, are handled in the twenty-seven papers on semiconductors presented at the meeting. To facilitate an examination of them, they have been subdivided into two groups: 1) the physical properties of the materials and the technological processes of the manufacture of simple semiconductors and 2) the same for compounds; a third group deals with tests. The first subdivision may at times seem artificial in that it forces us to handle in different paragraphs materials that are used for the same purpose (e.g. silicon and gallium arsenide in solar cells), but some kind of subdivision must be introduced in order to organize the discussion, and the division between simple and compound materials seems the least questionable. In general, the often very brief papers handle restricted topics that differ from each other (we are still in avantgarde fields where each contribution, small as it may be, can help clarify the general picture). Thus in this account, the papers are almost all presented and summarized individually.

Properties and Processes for the Manufacture of Simple Semiconductors

This group contains nine papers of which two (*19* and *13*) have a mainly physics-electronics interest, four (*56*, *62*, *27* and *68*) illustrate methods for realizing regions of variously doped simple semiconductors, two (*52* and *17*) deal with the properties of materials and finally the last (*2*) concerns methods of metallization for soldering small metal plates to silicon.

Paper *19* is a theoretical article concerning the transport of electrons in doped silicon in intense fields and to support this argument provides data that have been quite scarce in the literature[2]. They were determined by calculating, by the Monte Carlc method, the effect of ionized impurities on the properties of electron transport in silicon. However experimental proof is lacking.

Paper *13* handles the variation in electrical resistance under the action of mechanical forces (piezoresistance) of a MOS transistor and shows that these devices have a piezometric effect that is comparable with that of solid silicon but they are much less affected by variations in temperature and are therefore a more reliable method for measuring forces.

The epitaxial increase of thin layers of semiconductors on a monocrystal substrate is generally obtained either by liquid or gas phase and therefore is always at high temperatures. However, recently considerable interest has turned towards the study of processes of epitaxial increase of thin layers from solid phase. The processes consist of the recrystallization of a thin amorphous film on a monocrystalline substrate. Paper *56* presents two very new techniques for this purpose which are described and discussed. Both require a much lower temperature (900-1200°C) than those used in traditional processes, based on thermal diffusion, and therefore they induce minor and often negligible modification in the material.

The 'doping' of a pure crystal of silicon (that is its contamination, so to speak, with very small particles of other materials in order to obtain given macroscopic effects) can be achieved by implanting ions of other elements by a new procedure that is described in paper *62* and that potentially presents various advantages with respect to traditional methods, especially the advantage of being able to realize desired distributions of ions, by appropriately modulating the energy and the position of the ion beam. However, the process causes damage to the materials by collisions of atoms during the implanting process, but this damage can be eliminated by annealing. Thus research is continuing in order to clarify both the nature of the damage and the mechanism for annealing that determine the electrical activity of the implanted ions and the tempering of the material. The paper provides some data on the procedure and shows and comments on three cross-sections obtained by implanting the same ion base (phosphorus) at 200 keV, with annealing temperatures of 110°C, 450°C and 900°C. There follows a discussion on the effects obtained by directing the beam in a position aligned with the crystallographic axis of increase of the silicon sample or in a non-aligned position and on the influence of the kinds of ions implanted.

Paper *27* deals with the properties of polycrystalline silicon deposited by 'sputtering' at radio frequency. The habit that occurs more frequently here than elsewhere, of using English terms even when one could use the corresponding Italian ones (shall we begin by translating 'sputtering' into '*spruzzo*'?), makes the reading of this paper pointlessly tiring for newcomers to the field. Aside from this, the paper describes the procedure used for the preparation of samples, the analyses carried out for examining the properties, the damage to the material due to radiation, the good possibility of etching by chemical means on the film prepared this way, etc., and concludes that this technique is reliable for depositing thin films of polycrystalline silicon of excellent quality.

Paper *68* also handles the doping of silicon with boron, aluminium, phosphorus or arsenic and describes the advantages of phosphorus doping obtained by neutron radia-

tion, especially for the extreme homogeneity of the obtainable results. This homogeneity allows a considerable increase in the potential of the single elements, for example, thyristors for large industrial plants. The paper provides the characteristic data of these thyristors.

Paper *52* brings a contribution to the determination of binary state diagrams of silicon with its most common doping agents (phosphorus and boron) and contributes towards the comprehension of the relative doping processes through diffusion in a gassous phase. It explains the main problems posed by silicon doping that have arisen from research until now, especially those faced by the authors of the paper. It synthesizes the most significant results related to each doping agent.

Paper *17* is also a synthesis. It deals with semiconductor materials for photovoltaic conversion. We know the importance of the use of solar energy as a subsidiary perpetual source of energy that does not cause pollution in the production of electrical energy. The conversion can be carried out in two ways: 1) using solar heat to warm water and to produce steam (which then follows the usual paths in power stations) or 2) converting solar light directly into electrical energy by solar cells which make use of the special properties of certain semiconductors. The paper first gives some quick calculations on the potential that can be drawn from the sun by this method. It then describes, under separate headings, the main solar cells (silicon, gallium arsenide or cadmium and copper sulfide) and gives their structure and their energy output, concluding with some data on the possibilities for use that have been tested in Italy.

A collateral but not less important question, that is, the procedures for carrying the connection of the silicon devices to the rest of the circuit is handled in paper *2*. After mentioning certain inconveniences in the systems used until now, it discusses the metallurgical compatibility between soldering with low melting point alloys and semiconductor devices and it proposes a new procedure for connections. This procedure is described in detail with great quantities of data which are fully and thoroughly examined.

Properties and Processes of Manufacture of Compound Semiconductors

There are nine papers in this section which cannot easily be subdivided into homogeneous groups. The papers can only be arranged in an order that logically follows the various topics, going from the growth and/or characterization of compound monocrystals to the properties of materials for compound semiconductors, to their uses in electron microscopy and finally, but only theoretically, to the optical properties of certain materials and to lamellar structure crystals.

Paper *43* discusses the characterization of epitaxial films of gallium arsenide placed on semi-insulating substrates. They serve to a large extent for the construction of field effect transistors. Since, in order to predict the characteristics of these components it is necessary to have a thorough knowledge of the characteristics of epitaxial films to be used, the authors have put forth the techniques necessary for high precision measurement of the distribution of concentration of the charge carriers, their mobility in relation to the thickness, and the concentration and the depth of the levels of trapping both in the volume of the strata and in the semiconductor-semi-insulating interface.

As we have mentioned, solar cells serve to convert irradiated energy from the sun directly into electrical energy. Paper *32*, after a brief introduction on materials for solar cells, discusses certain problems concerning gallium arsenide cells or gallium and aluminum arsenide cells and it describes a plant that has been perfected for the epitaxial increase of such materials, starting from solutions, which has given brilliant results.

Paper *42* discusses the monocrystals of cadmium and mercuric telluride that are widely applied in medium and far infrared detectors. By varying the ratio between cadmium

telluride and mercuric telluride it is possible to adjust the interval of prohibited energies of the semiconductor between 0 and 1.5 eV. Unfortunately, however, it has been very difficult up to now to obtain crystals of a reasonably constant composition.

The paper proposes and describes an original method that allows one to overcome these difficulties and to realize crystals of high homogeneity in their composition. In another field, paper *14* discusses piezoresistance (see paper *13*) of thick film resistors, deposited by serigraphy in order to achieve strain ganges. The material studied is bismuth and ruthenium oxide ($Bi_2Ru_2O_7$) and the results achieved, both concerning the sensitivity to deformation and the thermal stability, allow one to consider these strain ganges as competitive with those currently on the market. Other work on resistors is described in paper *18*, which deals with the properties and the mechanism of conduction of materials with a ruthenium oxide base (RuO_2). The paper describes preparation of samples, the measurements made on them, and the analysis of their structure and composition. It concludes that in these resistors, as in those of the preceding paper, the conduction model that postulates 'tunneling' of electrons from one grain to another through the vitreous matrix as the mechanism of electrical transport, can also serve to describe the electrical properties of these kinds of resistors. Naturally studies in this field are continuing.

Moving to another topic, paper *10* is concerned with certain measurements of noise carried out on very fine films of non-stoichiometrical tungsten oxide exposed to organic vapors. The authors have brought to light the link between the absorption and desorption of vapor and the intensity of the current noise in the layer or its power spectrum. The paper does not indicate the purpose of the research, but it seems that these analyses can lead to the definition of a diagnostic method in the study of active surfaces, such as those of catalysts.

Finally I should mention two review articles, papers *21* and *49*. Paper *21* deals with the problem of adaptation of the optical properties of the materials to specific needs in application. Two procedures are cited here: the first is based on the fact that a pure material at absolute zero, in the absence of perturbations, has a given absorption spectrum that can be modified in order to obtain a given optical response, by playing on parameters such as doping and the external fields and perturbations. The second procedure is based on the use of systems and combinations of appropriately chosen layers of differential materials. The paper examines the two procedures in detail, with special reference to the concrete case of photothermal conversion of solar energy with the aim of being able to absorb the maximum energy and to reduce to a minimum the losses by re-emission in the infrared. It concludes that multi-layered systems are more promising, even if they are far from bringing definite results.

Paper *49*, on the other hand, summarizes the state of research on lamellar structure crystals, with the declared purpose of focusing researchers' attention on the possible applications of this interesting class of materials that have been practically ignored until now. First, the paper explains that lamellar structure crystals are formed from compound layers, each from elementary cells of two distinct kinds, in which metallic atoms bound to non-metallic atoms in a covalent fashion play a role. Then the paper lists some possible directions for research on applications. It also stresses that despite the fact that studies on this line have been carried out for about ten years, we are still at very beginning of the exploration.

Measurements on Semiconductors

This group contains ten papers which present a great variety of topics, but nevertheless they fall under three main themes:

— control of the chemical-physical characteristics of materials (which involves interdisciplinary knowledge);

— an examination of the function of particular semiconductor devices, based on mea-

surements of the physical parameters of the components;
— testing of electronic instruments; this topic includes only one paper, while I think that it is worth considerably more attention. Paper *51* presents an overall view of the refined methods of physical and chemical analysis established by the authors for the characterization of silicon for use in semiconductor devices. There are descriptions both of non-conventional new techniques such as X-ray microanalysis by back scattering of light ions, and of the improvements brought to classical methods for doping with traces of C, B, Cu and P in silicon. Such diverse techniques for measurement allow for an accurate characterization of the silicon to be used in the manufacture of the devices.
The identification of the defects that cause irregularities in the functioning of the devices, represents a first step towards identifying the variations in the manufacturing process that can improve the product and it is a significant example of the basic research that can have an important influence on application. On this line we have paper *28*, which proposes to give a crystallographic characterization of the defects associated with microplasma in the junction N^+-P, through various microscopy techniques (optical, scanning electronics and transmission electronics) in order to correlate the presence of microplasms that are found in a junction with the nature of the crystallographic defects that exist in the junction itself.
The study of the conductivity in phosphorous doped silicon is the subject of paper *50*. It uses and summarizes the results of long experimental activity on the dependence of resistivity of silicon on the concentration of phosphorous at medium and high levels, for a critical study on the validity of the theories that explain the phenomenon of conduction[3]. This work serves to clarify the connection between a collection of purely experimental investigations, which had led to the generic identification of the causes of discrepancies between elementary theory and actual work on the devices, and a collection of theoretical works concerning the relationship between density of states and energy.
Paper *29* contains a comparison of two different techniques, from which, by using metal-oxide-silicon condensers (MOS) one can find from readings of certain electrical measurements, the life times of the free carriers in silicon. The paper specifies which are the fields for best use and what the practical and theoretical limitations are of the two methods. It concludes by proposing the hypothesis that some differences encountered in measurements as compared with theoretical predictions can be attributed to a non-uniformity of silicon near its surface.
The subject of paper *53* is the use of scanning microscopy for characterizing gallium arsenide to be used in optoelectronic devices. The measurements reported are now classical for these kinds of microscopes, but they show the authors' considerable mastery of the use of the instrument, which is a very important asset for laboratories that work in the materials sector. Two theories have been proposed in the study of conduction models and models of barrier capacity for Schottky diodes between gallium arsenide and various metals. One theory is of thermoionic emission and one is of emission-diffusion. Both calculate the current in metal-semiconductor contacts neglecting the collisions of the vacuum zone. This way one obtains theoretical results that differ considerably from experimental results. Instead, the experimental results are justified in a model proposed by the authors of paper *4*; their model takes into account the electron collisions. Following this method, the paper reports many experimental results on current-voltage and capacity-voltage as a function of the temperature in the gap between 80 and 400 K, which appear on the above mentioned diodes. These results confirm the theory and allow the further perfection of knowledge of the phenomenon.
Information on the resistivity and on concentration profiles for gallium arsenide samples (paper *45*) can be deducted from resistance measurements of spreading. These are carried out by putting two small diameter

points on the sample and measuring the current that flows between them at a voltage that must be very low so as not to change the test material. The voltage/current ratio gives a resistance from which, by graphs of materials of known resistivity, it is possible to find the local resistivity of the materials, since almost all the drop in voltage appears in the immediate vicinity of the contact. In the device being tested, the voltage was 5 mV, the points were of a tungsten-osmium alloy with a radius of curvature of 25 μm and contact of radius 6 μm. The device gives excellent reproducibility and also allows the execution of concentration profiles repeating the measurements at several points. The time necessary for these results is a few minutes, as opposed to a few days which are necessary in the conventional method. However, it requires a certain amount of care, especially mechanical care, in order not to spoil the samples being tested with the pressure of the points.

The measurement of physical and geometrical parameters of thyristors is the subject of paper *26* which describes research with a broad experimental basis that represents a necessary and important step in the automatic planning of thyristors. This work required the accurate determination of the profiles of the doping impurities in silicon and also provides documentation of a close collaboration between universities and industry on application problems. This kind of collaboration should continue and expand.

An investigation of the various measurement techniques of the life times of electrons and weaknesses in the base of a P-I-N diode is carried out in paper *30*. It discusses the limitations of the most commonly used methods. The work provides an interesting theoretical contribution towards improved understanding of such techniques and is capable of developments both in the direction of a more accurate theory of the dynamic functioning of the diode, and in the theory of an experimental testing of the predictions on the errors of the various methods discussed. Finally, paper *12* deals with the precision capacitive measurements that can serve to characterize semiconductors. The subject has considerable interest because numerous methods of investigation on materials are based on differential capacity measurements. Therefore, the availability of instruments for the execution of such measurements with a high signal/noise ratio is valuable. The first part of the paper is an exhaustive analysis of such requisites. The choices of the solutions adopted by the authors of the paper are based on such analyses. They have realized a truly praiseworthy *ad hoc* instrument and have identified a new way to achieve a further increase in the speed of measurement.

DIELECTRICS

As I mentioned at the beginning, dielectrics are grouped at the other extreme from conductors in the scale of electrical resistivity. But another characteristic of dielectrics should also be stressed; that is, their 'permittivity' or 'dielectric constant'. This is defined by that fact that, when subject to an alternating electric field[4] they are crossed by a polarization current that overrides the usually negligible conduction current, and which, in the case of an ideal dielectric, is shifted ahead by 90° with respect to the voltage that the field generates. In practical cases, the angle is smaller, and the difference from 90° (usually a few degrees) is generally indicated by δ and is called 'angle of loss' or 'of dissipation' because it is an index of the losses that appear in the dielectric. Generally one gives the tangent of the angle δ which is called the 'loss factor' or 'dissipation factor'.

Paper *22* presents this well known topic. It briefly reminds us of the physical phenomena on which losses in dielectrics depend, that is, conduction and polarization, and it discusses the latter, in particular, explaining the mechanism. Then it reports the characteristic state of the loss factor for certain dielectrics that have greater interest for applications and it proposes to use such a parameter as a non-destructive diagnos-

tic test for the qualities of a dielectric. Another important characteristic is the 'dielectric rigidity' defined by the value of the voltage per unit of thickness that causes the discharge through the materials, perforating it.

All the characteristics of dielectrics are variously influenced by temperature, humidity, length of application of the electric stimulation and other factors that are not always easily identifiable. This makes their measurement more laborious and makes the results obtained more uncertain. Therefore they should always be determined from more than one test and statistically. Dielectrics are gaseous, liquid, or solid. Among the gaseous ones, one should consider the air we breath and its components, oxygen and nitrogen, and worked up practically all gases. However, in general their 'dielectric rigidity' is rather scarce. Nevertheless there are some so-called electro-negative gases (in that their molecules have the capacity to capture free electrons, forming heavy ions that are electrically negative) that present a rigidity that is $2 \div 3$ times that of nitrogen. Among them, in these years, has come sulfur hexafluoride (SF^6) for insulating bus-bars, cables and metal enclosed apparatus, that is, equipment protected externally by metal containers that allow their arrangement in a small space without danger to persons or things. Other electro-negative gases are obtained by completely or partially replacing the hydrogen of some hydrocarbons with chlorine or fluorine. However, these are less stable under discharge than sulfur hexafluoride.

Among liquid dielectrics, the first to be used and still the most widespread are mineral oils, obtained from the distillation of petroleum. However, gradually synthetic products have been introduced. They are characterized by equivalent or better properties than those of mineral oils. In particular, they have more constant properties, than mineral oils whose properties depend on the original crude.

Solid dielectrics, both inorganic and organic, are by far the most numerous and most varied group. Among the inorganic ones are ceramic materials, steatite, glass, mica, asbestos and fused silica and quartz, etc. The organic ones include cellulose materials (paper, cardboard, textiles and wood) which are much used but have the defect of easily absorbing moisture, thus, to a large extent losing their dielectric properties. The complex molecule of cellulose and the ease with which it can be polymerized has nevertheless oriented chemists towards research into artificial organic materials. Among them, the first were phenolic resins, but the series continued with glycerophtalates, alchines, acetates, olefines, polyamides, epoxys, polyurethanes, silicon resins, polyesters, etc., and the list is destined to continue. They form laminates, moulding-powder, adhesives and protective covering. Each has special characteristics that make it suitable for given purposes, and they can be distinguished from one another by the working temperature that they can tolerate without losing their mechanical and electric properties.

Of the twenty-eight papers on dielectrics presented to the meeting, the first group is concerned with their properties, the second group deals with measurements and tests.

Properties and Applications

The interest of researchers and industry in this field has turned toward the production of materials that accept increasingly high electrical, thermal and mechanical stimulation.

In paper *83* there is a description of insulators for high voltage lines (until now up to 145 kV) made of a core of fibreglass, they must provide mechanical resistance up to 1 MN and more, and with a moulded covering made of organic insulators of various kinds, they are water repellent and anti-dust, by the superficial dielectric seal, even under rain and in contaminated environments. These insulators are considerably shorter than the corresponding chains of ceramic or glass materials, which permits the equivalent reduction of the height of the pylons. Their realization required the solution of numerous

problems, both mechanical and electrical. These are described and discussed in the paper. The studies and tests continue to be carried out at ENEL with the aim of achieving insulators for 1050 kV.

Organic dielectrics (epoxy resins, polyamides and polyesters) have also been tested for the realization of load-bearing insulators, to be used in internal medium voltage equipment (paper *80*).

Epoxy resins have also been used for insulation of medium voltage equipment (paper *70*), allowing an increase in the power and reliability and decrease bulkiness.

In the field of insulation of electrical machines, paper *16* illustrates the properties and the various uses of some of the most recently introduced materials. These include Nomex paper, Kapton film and Scotchply plastics, which by now replace or are integrated with pre-existing analogous materials, especially in the insulation of machines destined to function at high temperatures, particularly in Class F (155°C) and Class H (180°C).

Nomex paper is made of fibres of aramide (aromatic polyamide) joined together by the normal paper-manufacturing techniques and calendered at high temperatures. The result is a paper that is heat resistant up to 220°C and has excellent mechanical and electrical properties. Kapton is a very strong polyamide film that has excellent electrical properties and can be used from — 269°C to + 400°C. It is resistant to flames and radiation and cannot be dissolved by any organic solvent. Kapton is an excellent competitor against Mylar (polyester film) which has been known and used for some time. Finally, Scotchply is a laminate that can be modelled. It is based on fibres of glass and epoxy resin and can be used at between — 50°C and + 240°C. It has good electrical, mechanical and chemical properties and lends itself for modelling into varied forms. The paper that discusses these products points out the progress made in insulating electrical machinery since their introduction. The advances are spreading rapidly and are only slowed by their high cost and the fact that these are foreign made materials that also acquire a strategic importance. Thus sometimes it becomes difficult to import them.

Plastic insulating films have been used as dielectrics in dry condensors for some time; the films are metalized on one of the faces in order to construct armatures. With the appropriate choice of a dielectric (polypropylene, polycarbonate or polyethylene terephtalates) with a high dielectric constant, low losses and high dielectric rigidity, one obtains more compact condensors than condensors with impregnated paper insulation and laminated armatures. Therefore, these new kinds are rapidly spreading for use in electronic circuits and there is also a tendency to use them in power circuits. After having briefly described the structure, paper *69* gives details on the limits of use in an impulsive regime and concludes that condensors in which the metalized films alternate with normal films and laminated armatures are preferable.

In addition to the above mentioned electrical and mechanical problems, collateral questions are raised by the use of dielectrics, in particular, problems of fire hazard and questions of pollution.

All organic dielectrics, that is, the great majority of dielectrics, are flammable to some extent. But technicians have focussed their attention first of all on mineral oils because when they catch fire they spread, carrying the flame some distance. More recently, many other organic dielectrics have been considered and dangers arising from them have been emphasized. In case of fire, there is not only the danger of flames, but also emission of fumes and toxic or irritating gases which are often the consequence of additives introduced to reduce the propagation of fire.

Paper *41* contains numerous considerations on the phenomena of combustion of dielectrics, with particular emphasis on combustion retardants. It goes through a critical examination of the present testing methods prescribed by various national boards. The paper describes the igniting and the propagation of a fire in a block scheme which can

serve as the basis for a study of fire prevention. The scheme is completed with tables on the relationship between real fires and flamability tests and on the comparison between various test methods. Two papers deal in detail with the problem of flammability of dielectrics and the ecological repercussions of the main efforts to solve the problem. A first attempt goes back several years and consisted in replacing the mineral oils used until that time with polychlorodipheniles (askarel or PCB). These oils are not flammable within certain much wider temperature limits and they are exceptionally stable chemically. But a consequence of this quality, which on one hand is positive, is that they are not biodegradable, so that their dispersal in the environment has created ecological problems. These arise from the possibility of their accumulation in various animal species and suspected possible genetic and toxic effects. The spread of these substances, not only for electric use, but also as a plasticizing agent for varnishes, as components of insecticides, antibiotics, disinfestants, as lubrificating or as component of self-copying paper, etc., (with a consumption of more than 50,000 tons per year only in Western countries) has led the European Community Council to issue two directives which, although they still permit the use of PCB's, are aimed at completely eliminating them.

Thus the electrical industry must find other solutions to the problem of non-flammability of insulating oils.

Paper *73* first examines the concept of non-combustibility and then indicates that any organic material is burnable, if exposed to sufficiently high temperatures and oxygen concentrations. It then examines the characteristics required of insulating fluids and reviews the materials that currently appear to be the most likely substitutes for askarels, though pointing out that research in this area is still far from complete. These substitute materials include certain silicon oils, some special hydrocarbons, some insulators from the family of esters with stabilizers, and other chlorides of the biodegradable sort. However, for all these substances, there has been more attention on their non-toxic rather than on their non-flammable qualities. The paper expresses hope that while research continues, consumers will start experimental use of electric equipment that has been realized using the new products, and that in the meantime, the fulfillment of the recommendations of the European Community will guarantee sufficient security.

Paper *65*, too, deals with the toxicity of the askarels, though from a different approach. It reminds us of the recommendations of the OCSE and various national boards that wished to limit the use of these substances and fix a future date for a total ban. The paper then goes on to list possible dielectric substitutes (the same as those mentioned above), but with particular reference to the use of condensors. It also reports interesting results obtained with accelerated lives on variously made samples.

Other aspects of dielectrics covered in this meeting concern their use in the so-called integrated optical sector (papers *3* and *85*). This is a recent discipline (about 10 years old) that deals with the study and the realization of thin (1 μm) dielectric film devices that can execute, on beams of incidental light, various operations including modulation, deflection, filtering, amplification, generation and detection. The papers explain the methods for obtaining films with the characteristics required and for testing their characteristics.

Another paper (*57*) discusses dielectric materials suitable for holographic registration for the optical treatment of information (optical memories, optical figure recognition, laser-wave guide coupling, etc.).

Finally, the last paper in the group (*66*) discusses ways of optical fiber manufacture, using commercially available dielectrics and the characteristics that can be obtained from them.

These topics are outside the usual field of dielectrics mentioned above and they present aspects that are not yet well known. Some of them are connected with the chapter on semiconductors.

Tests and Trials on Dielectrics

The first group of papers deals with the determination of the characteristics of certain very low temperature insulating materials. Just as we have said for conductors, recently there has been considerable development in the application of cryogenics in the electrotechnical industries. Thus machines and equipment have been realized that use the considerable reduction in resistivity (hyperconductivity) that arises in conductor materials at liquid nitrogen and liquid hydrogen temperatures (77 and 20 K). Devices have also been developed that make use of the sudden change of properties found in some conductors at a few degree Kelvin (superconductivity). Under such conditions it is necessary to understand the behaviour of dielectrics. Papers *34* and *35* deal with this question. First they examine the behaviour of liquid nitrogen in its double role as both a refrigerant and as a dielectric. They then give some results of test carried out on polyamide and polyethylene paper impregnated with liquid nitrogen. The results of the tests are discussed on a statistical basis and commented upon.

Another topic handled is the behaviour of liquid or gaseous insulators containing impurities. The presence of impurities in suspension has a considerable influence on the dielectric properties of materials, especially with respect to conduction and dielectric rigidity. The theoretical study of this phenomenon is discussed in paper *36* which gives an interesting numerical simulation and compares the theoretical results with the experimental ones obtained by using n-hexane contaminated with both conductive and insulating particles[5].

On this topic, paper *31* presents the results of tests on dielectric rigidity carried out on more than twenty samples of normal oil from transformers contaminated with various kinds of particles that might be found in a new transformer. The samples were made to circulate at different velocities in a normal oil test cell of the IEC type. Each test was repeated ten times and it was found that with an increase in velocity of the oil, the rigidity diminishes perhaps in relation to the fact that at increased speed the turbulence is greater and therefore so are the number of particles in suspension.

One topic that technical literature has handled for about twenty years. Is the question of evaluation, on the basis of short term tests, of the probable life of an insulator continuously subjected to a given field of alternating voltage. This characteristic has been called 'voltage endurance' and is termed similarly in Italian. We could call it 'endurance under voltage' or 'dielectric life', paraphrasing the name of 'thermal life' that was given to the endurance of a dielectric continuously subjected to a given temperature. It is obviously valuable to be able to conclude from short term tests (weeks, months) what the life of a dielectric that in practical use should last for tens of years, will be. But, while for the 'thermal life' one can construct a correct model for calculations, for the 'dielectric life' the phenomenon is more complex and cannot easily be evaluate.

Paper *44* presents an interesting compendium of the research on voltage endurance that has been carried out for some years by the authors. It starts with a general theory of theirs of a phenomenological kind, which takes into consideration some affinities between the process under examination and other physical processes such as mechanical fatigue and thermal degradation. It proposes some testing techniques based on measurements of dielectric rigidity and on non-destructive examination that allow one to trace the length of life of an insulating material. Trials carried out on various materials confirm the validity of this method that is worthy of attention.

Paper *60* is connected to the previous one. Paper *60* presents a vast investigation aimed at determining the relationship between the value of the voltage applied to two kinds of insulation in oil-paper for transformers and the partial discharge time (that is, between layers of paper). Each time the tests were extended to 60 minutes and the results,

worked up statistically, show that the probability of the partial charges as a function of time is represented by the Weibul distribution. The next series of tests which lasted several months verified the validity of the extrapolations made for long periods. Papers *33*, *84*, *79* and *11* are also connected with the general problem of degradation and the aging of dielectrics stimulated by an electric field.

Paper *33* starts with the consideration that among the various causes that influence the degradation of solid organic insulators, one should list superficial partial discharges, that is, the discharges that occur on their surface near each electrode without reaching the opposite electrode. The paper reports a series of voltage tests lasting from 50 to 100 hours each. They were carried out on different little discs of epoxy resin placed between two electrodes of stainless steel in an atmosphere of nitrogen, argon or dry air. The test is accurate and the controls carried out on the specimens with an optical or electron microscope and with X-ray microsounding gave interesting results on the structure of the material after treatment and on the significant consequences of pre-existing surface irregularities.

Paper *84* examines the general problem of degradation and the aging of organic materials destined for the realization of internal insulation of medium voltage substations and is related to what was proposed at the beginning of the chapter. The paper gives the results of the experiments carried out by ENEL and CESI for the study of a methodology for testing accelerated aging on complete insulators. This enables one to compare different kinds of resins and different forms of coatings. Comparisons were made not only of electrical measurements but also of physical behaviour in general. The tests described also serve to propose appropriate choices to the IEC for trials of these kinds of insulators.

Paper *79* turns to the aging of mixed dielectrics in power condensors. It shows how integrated experimental research from an analysis of the electrical field near the edges has allowed us to establish rational criteria on the maximum voltages that can be applied to a given kind of condensor. The condensors' discontinuity surfaces, that appear in mixed dielectrics, make the applicability of the ordinary standards in type tests doubtful. Instead, paper *11* deals with the behaviour of dielectrics subjected to an electric field in the presence of harmonics. The investigation was carried out on a theoretical line. It takes into consideration the variation in the dielectric losses caused by a voltage that was deformed with respect to the sinusoidal voltage of equal effective value and evaluates the subsequent increase in the temperature of the dielectric. Thus aging goes back to the thermal cause and the results can only be of value when the losses are rather high. Examples are reported for the case of acrylic resins and phenolic resins.

Still in the field of testing dielectrics, other problems, some of which are new, are handled in papers *75* and *82*.

Paper *75* summarizes the main rules for the selection and testing of insulating materials used in low and medium voltage equipment. It also takes up the problem of flammability and the measurement of partial discharges.

Paper *82* examines the problem of the determination of the electrical characteristics of extruded power cable insulation. Until 15-20 years ago medium voltage power cables were practically all solid paper impregnated insulated and high voltage oil filled paper insulated, both with a lead sheath and protected, if necessary, with a band of steel and tarred jute or with a second sheath of polyvinyl chloride. The complexity and the cost of this kind of construction drove manufacturers to seek more economical alternatives. Thus, there was an effort to extend to medium voltage the use of extruded material insulation (artificial rubber or resins of various kinds, etc.). These are already used normally for low voltage because they allow considerable saving in time, in labor and in use of men and machinery. The first attempts were not successful, but today we know to construct extruded power cables for

up to 60 kV. The subject of the paper is the evaluation of the resistance to electrical stimulation of this new kind of cable in order to reach valid conclusions on its reliability.

Continuing in the field of cables, paper *48* examines the causes of deterioration of electric cables and their accessories in general in a very extensive medium and low voltage grid such as the ACEA of Rome. The paper gives interesting statistics on breakdowns encountered in the survey.

Finally, papers *40*, *61* and *78* deal with the most appropriate methods for preventing serious breakdowns in machinery and in electric power plants. Paper *40* starts with the affirmation that, in the majority of cases, electric power failures can be blamed on insulation. It then emphasizes the importance of maintenance, especially preventive and systematic maintenance based on various significant tests such as the measurement of the resistance of the insulation, determination of the loss factor and its variation, tests on voltage, etc. For each kind of machine, the paper illustrates the most appropriate tests along with the most significant symptoms.

Paper *61* discusses testing of insulation of current transformers (TA) in use. This began in 1971 after some TA's installed in 380 kV ENEL stations had serious failures only a short time after they began working, despite the fact that they had been tested against the standards and approved. The paper deals mainly with the tests that have systematically been carried out since then on all of ENEL's high voltage TA's in order to identify the causes of breakdowns. It also presents appropriate experimental means of discovering the first symptoms of trouble in time. Among these methods, paper *78* cites the analysis of gases dissolved in the insulating oil. In recent years, this analysis has aroused growing interest as a diagnostic means of surveying working transformers. The paper illustrate the theoretical principles of the methods, it lists the results that are considered significant to be diagnostic effects, the procedures for measurement that can be employed and the possible interpretations of the results obtained. It concludes by summarizing the most important points derived from the experiments from the systematic application of the method to a significant number of high power transformers installed in the ENEL grid.

MAGNETIC MATERIALS

Magnetic materials, the last in the series of materials for electrotechnical uses, create a distinct chapter in themselves. This is because, as we said earlier, they are the seat and guide of magnetic flux, as opposed to the other materials which are the seat of electric currents though in very different ways and to a different extent among themselves.

At present, the study of these materials is not arousing great interest and there are few researchers investigating them. There are few (ten) significant papers on them in the meeting, but almost all of these present interesting new information. Among them, one should note paper *8* that deals with amorphous magnetic materials. Metal alloys in the amorphous state were recently obtained from the liquid phase by special very rapid cooling techniques (10^5 °C/s). The resulting atomic structure is similar to that of the liquid phase, as for silicate glasses, but, in contrast with the latter, the metal bond gives them great mechanical resistance, ductility and malleability without making them fragile. Their typical composition is $T_{80}M_{20}$, where T represents one or more transition metals (Mn, Fe, Co, Ni) and M represents one or more metalloids (B, P, C, Si, N). Among these there are numerous amorphous ferromagnetic materials suitable for low frequency recording. Research activities on these materials today is concentrating both on the promising characteristics of these materials from the technological standpoint, and the interest that they provide for basic research. Studies and experiments are being carried out at the Galileo Ferraris National Electrotechnical Institute

and paper *8* summarizes the results achieved until now.

In the field of permanent magnets, paper *5* deals with new cobalt-rare earth compounds (elements that go from lanthanum to lutetium in the periodic table). Research on the intermetallic compounds of the rare earths, which have been known since the beginning of the century, have led to the discovery in the 1970's of extraordinary properties of anisotropy in crystals of the TR-Co_5 kind (TR = rare earth, and in particular samarium). This has allowed the realization of very high performance permanent magnets that have opened the door to application developments that earlier were unthinkable. The paper describes the manufacturing procedure of the new products (for sintering), their crystalline structure and their principal characteristics, and it compares the new products with the better known and more commonly used materials for magnets, that is Alnico alloys and the Ferrites.

Ferrites for permanent magnets (mixed oxides of iron and barium or strontium or, more rarely, lead) were introduced about 25 years ago and there have not been recent important improvements in them. Paper *6* summarizes their characteristics and the ways of processing them. In particular it discusses their applications in low power machines, especially small motors for domestic appliances and for starting automobiles.

On the other hand, for high frequencies up to 1 MHz, paper *63* presents Sifferrit, a new ferrite that is particularly suitable for filters. The paper examines its structure and gives its main characteristics: relative initial permeability of about 1200 and extremely low losses in the scale from 50 to 800 kHz, with excellent thermal stability and stability with time. The use of the materials allows the realization of magnetic components that, given equal other characteristics, present a volume from 2 to 4 times lower than that required with the preceding materials.

Two interesting applications of the so-called magnetic bubbles are illustrated in papers *77* and *1*.

Magnetic bubbles, conceived about ten years ago, are magnetic regions in cylindrical form (diameter of about 5 μm) set in a layer of magnetic material a few microns thick; they are polarized in a direction normal to the host layer and in the opposite way to its magnetic field. Associating with the presence or absence of a bubble the respective values of 1 bit and 0 bit, it is possible to realize serial memories in which the information is registered in the form of sequence of bubbles and vacuums. Magnetic bubble memories are interesting because of the high density of information that they can contain, the low power they use and their lack of moving parts. Paper *77* describes a laboratory prototype of a magnetic bubble memory of the 1024 bit sliding register type and in particular it describes the bubbles' circuit elements for generation, propagation and detection and the techniques developed for the deposition and etching of the related thin layers.

Paper *1* describes a new procedure for obtaining display devices, starting with basic materials for magnetic bubbles (epitaxial films of magnetic granules). The procedure developed allows the magnetic pieces of the film to be modelled by the application of appropriate magnetic fields. Thus they can take on different forms, for example, letters or numbers that remain stable in the absence of external magnetic fields and which are more visible by the Faraday effect.

Three interesting papers were presented on tests on magnetic materials. The first (*46*) is concerned with tests on *soft* ferrite cores for telecommunications. The paper emphasizes the need to identify their characteristics with sufficient precision and points out that this can be carried out either by testing toroidal cores made *ad hoc* with the material under examination or by experimenting directly on the components that use the material. It concludes by supporting the use of direct measurements on finished and assembled nuclei.

The second paper (*59*) arises from an article in the IEC Standards 61-1 (of 1976). This introduced the definition of magnetic anisotropy of sheets for electrical machines, based

on the specific magnetic losses of samples of sheets withdrawn in the direction of the lamination and in the normal direction. It prescribes the determination for non-oriented crystal sheets that thus can be used in all cases in which the magnetic flux takes on different directions from point to point (rotary machines). The authors have asked themselves if this parameter could be considered constant with the variation of induction and they carried out tests on twenty samples from different sources (thicknesses from 0.35 and 0.6 mm, specific losses at 50 Hz and 1 T variable from 1 to 4 W/kg, approximately), exploring the field between 0.5 and 1.5 T, because this variation can occur in electrical machines. From the tests (two for each type of sheet) it was found that the coefficient of magnetic anisotropy, as defined by the Standards, varies considerably with the variation in induction. Without going into the merit of the causes that might explain this behaviour, the authors conclude that this coefficient is only significant if its progress appears in the whole field of possible variations in induction.

Paper *7* instead carried out an examination of the anomalies of the losses of power in magnetic materials. It starts with the observation that the loss curves per cycle as a function of the frequency do not generally follow the progression predicted by the universally accepted classic model. According to this model, the losses are in fact calculated as the sum of a constant contribution, linked to the area of the hysteresis loop, and a term that increases linearly with the frequency, linked to the eddy currents. The real losses instead, are generally greater than those calculated in this way and the curve of the losses as a function of the frequency is not linear. The paper discusses the theories proposed to explain this anomaly, linking it with phenomena of correlation between microscopic processes of magnetization.

The last paper in the group on magnetic materials (*86*) presents some considerations on the mathematical representation of the characteristics of ferromagnetic circuits and proposes an interesting method for tracing them on the basis of certain points that have appeared experimentally, using methods of statistical analysis. The problem of the mathematical representation of the characteristic of a ferromagnetic material has been handled numerous times and resolved in various ways by using polynomial functions or transcending functions. By introducing statistical analysis to approximate as much as possible the set of experimental observations, the paper shows how it is possible to obtain, with a few points, characteristics that are very close to the true ones. At the end, it reports some significant comparisons.

P. R.

Translation: F. Segrè Walsby-Gwynedd (Wales)

NOTES

1 Paper *9* was awarded the 'Legnano Electrical Industries Prize 1978' *ex aequo* with paper *36*.

2 Paper *19* was awarded the '3M Italia Prize 1978' *ex aequo* with paper *50*.

3 Paper *50* was awarded the '3M Italia Prize 1978' *ex aequo* with paper *19*.

4 It would be better to say 'dielectric field' or 'field of voltage', restricting the name of 'electrical field' or 'field of current' to the field that is created inside a conductor through which a current runs. The two fields are governed by analytical relationships that are formally similar and generally exist together, but usually one prevails so strongly over the other that one of the two can occasionally be neglected. In any case, following a now established tradition, I shall use the term electric field for fields of voltage that are generated between two conductors of a different electric potential that are insulated from each other.

5 Paper *36* was awarded the 'Legnano Electrical Industries Prize 1978' *ex aequo* with paper *9*.

Scuola, professionalità e scienza

Intervento conclusivo tenuto durante il Convegno su "Scuola italiana, professionalità ed insegnamento delle scienze" nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano

Como, 24-25 Settembre 1977

GIANFRANCO MIGLIO
Università Cattolica di Milano

Mi sembra che il dibattito, svoltosi durante questi due giorni, abbia messo in luce un sostanziale e generale consenso sui propositi e gli obbiettivi di fondo del Convegno.
La discussione ha ruotato principalmente attorno a due temi: l'uno situato ai confini del campo sul quale il Convegno era destinato a mantenersi; l'altro interno invece a questo campo stesso.

Il primo tema — antichissimo — è sorto dal quesito se 'centrale', nei processi cognitivi, debba essere l'uomo, oppure la 'natura', di cui l'uomo è soltanto una parte.
Mi sembra che mentre, correttamente, sia stato rifiutato ogni ritorno ad ormai superate visioni 'antropocentriche', abbia ottenuto rilievo l'osservazione che qualsiasi 'conoscenza' ha sempre l'uomo per soggetto insostituibile. È l'uomo, e soltanto l'uomo che 'conosce': ma, proprio attraverso l'esercizio rigoroso di questa 'conoscenza', egli accerta il ruolo estremamente relativo che gli spetta nel contesto della 'natura'.
Con la scoperta delle 'regolarità' fisiche, chimiche, biologiche, fisio-psicologiche, che condizionano — anzi: originano — il soggetto umano, questo, ad un tempo, raggiunge il massimo delle prestazioni alla specie consentite, e constata i limiti invalicabili cui — in questo mondo — deve soggiacere.

Il secondo tema è nato dall'interrogativo se, almeno nell'attuale stadio dello sviluppo delle conoscenze, si debba privilegiare la sperimentazione, oppure l'elaborazione teorica.
Da un punto di vista gnoseologico, questa alternativa è veramente insensata; perché nella scienza la sperimentazione è possibile soltanto mediante ipotesi (cioè teorie), e le teorie vengono provate vere o false soltanto attraverso la sperimentazione: si tratta dunque di due momenti inscindibili del processo conoscitivo.
Ma l'alternativa diventa meno sconcertante se si considerano le condizioni in cui versa oggi la ricerca scientifica in questo paese. Non vi è dubbio infatti che un'antica propensione a scambiare la scienza per la filosofia, e quest'ultima per l'ideologia, conduca molti 'operatori culturali' a

smerciare per proposizioni scientifiche — cioè per 'teorie' (che sono cose serie, soggette alla prova vero/falso) — delle semplici 'dottrine' (che sono cose molto meno serie, legate ai giudizi 'valutativi', e dunque non-conoscitivi, di buono/cattivo, giusto/ingiusto, bello/brutto, ecc.).
A questa pericolosa confusione, ed alla connessa insofferenza per l'umile, ma decisivo ruolo della sperimentazione, hanno certo inteso reagire quei colleghi che ieri ed oggi hanno voluto metterci in guardia contro i pericoli delle vuote esercitazioni dottrinarie, della pseudo-scienza fatta con le ipotesi a braccio, o addirittura con le fantasie alla Teilhard de Chardin.
Colta in questo significato, la loro diffidenza costituisce una manifestazione di fiducia proprio negli obbiettivi che il Convegno si è stabiliti, ed una più tagliente definizione degli stessi. Non v'è dubbio infatti che il rafforzamento delle discipline scientifiche nelle future scuole italiane dovrà significare un più rigoroso rispetto per lo 'sperimentalismo' e, attraverso questo, per la 'realtà effettuale'.

Probabilmente le inquietudini dei colleghi 'sperimentalisti' nel campo delle scienze 'naturali' sono state alimentate dalla constatazione che fra i promotori più attivi del Convegno c'era un politologo (vale a dire chi vi parla). Voglio sperare che quanto abbiamo detto, io prima, e poi il collega Firpo, in difesa della 'storia' come scienza, sia valso a chiarire come — almeno per noi — non si tratti affatto di 'inquinare' le scienze naturali con rinnovate promiscuità filosofico-ideologiche, ma piuttosto di allargare il metodo ed il rigore delle prime allo studio del comportamento umano.

Senza dubbio, quando abbiamo stabilito il programma di questo Convegno, non abbiamo valutato la sproporzione fra l'ampiezza degli obbiettivi e la ristrettezza del tempo disponibile: due sole giornate.
Così dobbiamo constatare che siamo riusciti soltanto a stabilire la base su cui potranno poi essere definite proposte organiche circa la qualità e la quantità degli insegnamenti scientifici, da rafforzare o da introdurre nei diversi ordini e gradi della scuola italiana.
Per la verità, avevamo già previsto che questo Convegno, lungi dal costituire un punto d'arrivo, avrebbe piuttosto rappresentato il punto di partenza di un complesso ed articolato lavoro di confronto e di precisazione. Ma, sempre per la verità, non avevamo neppure immaginato che ci sarebbe stato concesso di registrare una così ampia convergenza di consensi sulle ragioni e sugli obbiettivi della nostra iniziativa.

Così il gruppo dei relatori che hanno dato vita al Convegno durante questi due giorni non si scioglierà: esso, come « Gruppo di studio permanente per l'insegnamento delle scienze », si dedicherà d'ora innanzi ad elaborare quei programmi di cui ho appena parlato.
Prima di tutto ogni relatore verificherà il proprio 'grado di rappresentatività', prendendo contatto con le associazioni ed i gruppi di studiosi che, nella rispettiva disciplina, già si occupano di problemi didattici, e garan-

tendo in tal modo la confluenza di queste esperienze e di questi specialisti nell'azione che ci accingiamo a svolgere.
Poi i relatori stessi, opportunamente integrati di volta in volta con specialisti di ramo, si riuniranno periodicamente, metteranno in carta i singoli programmi di insegnamento, li confronteranno e li armonizzeranno per poterli inserire correttamente nei piani di studio delle scuole dei diversi ordini e gradi.
Non sarà una fatica lieve: ma almeno già sappiamo di poter contare su di un valido supporto di risorse e di appoggi organizzativi.

L'Assessorato all'Istruzione e Formazione Professionale della Regione Lombardia — il cui titolare abbiamo ascoltato ieri con tanto convincimento perorare la nostra causa e condividere i nostri propositi — non solo pubblicherà gli Atti di questo Convegno, ma renderà anche materialmente possibili, con il suo supporto finanziario, i futuri incontri e i relativi lavori del Gruppo.

La Confederazione Generale dell'Industria Italiana, in primo luogo, si farà carico di raccogliere e fornire tutta la documentazione che risulterà necessaria ed opportuna; in secondo luogo organizzerà ed appoggerà l'azione indispensabile per assicurare l'attenzione dei pubblici poteri e della pubblica opinione nei confronti delle proposte definite dal Gruppo di studio, e lo sbocco normativo delle stesse.
La Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche fungerà da punto materiale di incontro, e da organo di raccordo per i membri del Gruppo di studio.

Durante i lavori è stato da più parti rilevato che stabilire concreti e ragionevoli piani di studio, ed ottenerne l'adozione, costituisce soltanto la prima metà dell'operazione progettata: l'altra — e certo la più difficile — sarà costituita dalla preparazione dei docenti in grado di insegnare, con metodo moderno, e con ferma convinzione, il ventaglio delle discipline scientifiche che dovrebbero rinnovare la scuola italiana.
È molto probabile che un Convegno, analogo a questo, sia quanto prima dedicato a dibattere ampiamente un tale tema complesso.
Ringrazio i relatori e tutti coloro che sono intervenuti nel dibattito, gli attenti ascoltatori e le autorità amministrative che hanno consentito di realizzare questo Convegno.

G. F. M.

School, Professionality and Science

Closing paper read to the Conference on "The Italian School, Professionality and Science Teaching" held on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Como, 24th-25th September, 1977

GIANFRANCO MIGLIO
Università Cattolica di Milano

It seems to me that the debate carried on during these two days has brought to light a substantial and general consensus on the main purposes and objectives of this Conference.
Discussion has revolved principally around two themes; one situated at the periphery of the field to which the Conference was directed, the other being internal to the field itself.

The first theme is the long-standing one emerging from the question as to whether the 'central' element in the cognitive process should be man himself or the 'nature' of which man is only one part.
It seems to me that while any return to the by-now superseded 'anthropocentric' views has been refused, and correctly so, prominence has been given to the observation that it is man, and man only, who 'knows'; yet it is through the scrupulous use of this 'knowledge' that man comes to recognize the extremely relative role that is given to him in the context of nature.
With the discovery of physical, chemical, biological and physio-psychological 'regularities' which condition — indeed, give origin to — the human subject, man reaches the highest attainment allowed to his species and at the same time perceives the insurmountable limits to which he is subject in this world.

The second theme emerges from the question as to whether, at the present stage in the development of knowledge, we should favour experimentation or theoretical elaboration. From a gnoseological point of view, this alternative is well and truly nonsensical; because experimentation in science is only possible through hypotheses (that is, 'theories') and the theories are proved true or false only by means of experimentation. These two, then, form inseparable aspects of the cognitive process.
But this alternative becomes less disconcerting if one considers the conditions in which scientific research finds itself in this country today. There is no doubt, in fact, that an old tendency to mistake science for philosophy, and this in turn for ideology, leads many 'cultural operators' to present as scientific propositions — that is as theories (which are serious matters, subject to true/false tests) — what are simply doctrines (which are much less serious matters linked to value-, and therefore non-cognitive, judgments as to good/bad, just/unjust, beautiful/ugly, etc...).
Both yesterday and today a number of speakers have certainly intended to react against this dangerous confusion and against the related insufferance for the humble yet decisive role of experimentation, by urging us to be on guard against the dangers involved in empty, doctrinaire practices and in pseudo-science based on groundless hypotheses or even on the Teilhard de Chardin type of fantasies.
Taken in this sense, their warning constitutes a demonstration of faith in precisely those objectives which this Conference had set itself and are a sharper definition of the

same. There is no doubt, in fact, that consolidation of scientific disciplines in the future Italian school means adopting a more rigorous respect for 'experimentalism' and, through this, for 'actual reality'.

The fears expressed by those colleagues who are 'experimentalists' in the natural sciences have probably been encouraged by their having seen during this Conference a political scientist (i.e., myself) among the most active advocates of this view. I should hope that what was said earlier, first by myself and then by my colleague Prof. Firpo, in defense of 'history' as a science, has gone some way to clarifying that — for us at least — it is not a question of 'polluting' the natural sciences with a renewed philosophical-ideological promiscuity, but rather of extending the method and rigour of the natural sciences to the study of human behaviour.

Without question, when we established the programme of this Conference we did not anticipate the disproportionality between the fullness of the objectives and the limitedness of the time available, only two days.
We have to admit, then, that we have been able only to establish the basis on which organic proposals can later be made as to the quantity and quality of the science teaching to be consolidated or introduced in the various levels of the Italian school.
In actual fact, we had already foreseen that far from constituting a point of arrival, this Conference would have to represent the point of departure for a long and complex labour of comparison and definition. But we did not imagine for one moment that we would be able to record such a full convergence of consensus on the purposes and objectives of our initiative.

Thus, the group of speakers who have given life to the Conference during these two days will not be dissolved: as a «Permanent Study Group on Science Teaching» it will dedicate itself from now on to elaborating the programmes of which I have just spoken.

In the first instance, each member will verify his own 'representativity', making contact with the associations and groups of scholars who, in their respective disciplines, are already occupied with didactic problems, thus guaranteeing the inclusion of these experiences and these specialists in the action that we are preparing ourselves to carry out.
Following this, the members themselves will meet periodically, together with appropriate specialists from the particular branches, to put on paper the individual teaching programmes, comparing and harmonizing them so as to be able to insert them properly in the curricula of different schools at the different levels.
It will not be light work: but we at least know that we can count on the co-operation of organized resources and supports.

Yesterday we heard the representative of the Lombardy Authority for Instruction and Professional Training plead our case and share our purpose with great conviction. This body, in fact, will not only publish the Proceedings of this Conference but will also, with financial support, make the future meetings and activities of the Group materially possible.

The General Confederation of Italian Industry will, in the first place, take the burden of collecting and furnishing all of the documentation that will be found necessary or convenient: in the second place it will organize and support indispensable action to ensure the attention of the public powers and of public opinion as regards the proposals made by the Study Group.
The Federation of Scientific and Technical Associations will act as the material meeting point for and as a link between the members of the Study Group.

During the Conference it has been emphasised several times that the setting up of concrete and reasonable curricula and obtaining their adoption constitutes only the first half of the proposed operation: the other — and certainly the more difficult one

— will be constituted by the preparation of teachers able to instruct, with modern methods and with firm conviction, the current of scientific disciplines that should renew the Italian school.

It is highly probable that a Conference analogous to this will be dedicated as soon as possible to debating in full this complex theme.

I would like to thank the speakers and all those who have contributed to the debates, the attentive audience and the administrative authorities who made possible the realization of this Conference.

G. F. M.

Translation: T. HAYWOOD - MILANO

Gli 80 anni della Società Italiana di Fisica

Relazione tenuta durante il Congresso della Società Italiana di Fisica (SIF), svoltosi nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano

Como, 26-30 Settembre 1977

CARLO CASTAGNOLI
Presidente della Società Italiana di Fisica e Università di Torino

A Como si è celebrato non solo Volta, ma anche l'80° anno di vita della Società Italiana di Fisica (SIF); una buona occasione per fare dei bilanci o per lo meno fare qualche valutazione sulla fisica oggi nel nostro paese. La SIF è una delle più solide (e più antiche ormai) società scientifiche italiane.

Si partì nel gennaio 1897 con un comitato promotore presieduto da Angelo Battelli di Pisa (che fu per tutto l'800 la sede universitaria italiana più vitale dal punto di vista politico e d'interessi generali, sulla scia di Curtatone e Montanara e del forte impegno civile di persone come Mossotti, Matteucci, Pacinotti e altri).

Il primo annuncio dell'avvenuta costituzione della SIF è di qualche mese dopo (marzo 1897) e lo riporto integralmente:

« Abbiamo il piacere di annunciare che è ormai assicurata la costituzione di una Società Italiana di Fisica. Noi siamo convinti che, agevolando i rapporti e le discussioni fra i cultori della Fisica in Italia, questa Società contribuirà efficacemente all'incremento della scienza e alla diffusione del sapere. Ci basti ricordare di quali risultati furono feconde alcune associazioni fondate all'estero, con gli stessi intendimenti. Possiamo dire, senza tema di vanto, che in Italia pure si lavora, e si lavora bene, ma gli studiosi sono quasi isolati; manca alla scienza nostra quell'organizzazione e coordinazione che ha in altri grandi paesi per modo che non molto di rado si è dovuto osservare che lavori di scienziati italiani, appunto dagli italiani sono meno conosciuti. Allo stesso tempo dobbiamo lamentare non pochi difetti nei programmi d'insegnamento e una certa disarmonia fra l'istruzione impartita nelle scuole secondarie e nelle scuole superiori, da attribuire in gran parte alla mancanza di affiatamento fra i vari insegnanti. Per migliorare questo stato di cose e per stringere viemmeglio i vincoli che debbono legare tutti i cultori di una medesima scienza, si invitarono ad aderire alla Società progettata tutte le persone che, nel nostro paese, si interessano della Fisica sperimentale e matematica. Il risultato fu ottimo, anche superiore a quanto si poteva prevedere: si sono raccolte, fino ad oggi, oltre 150 adesioni. Con questo, la Società si intende costituita. Essa assume per organo *Il Nuovo Cimento* ».

È un documento interessante: i collegamenti tra ricerca e scuola, il biso-

gno di un coordinamento scientifico, il desiderio di una solidarietà tra cultori della stessa disciplina risultano come chiare motivazioni dell'iniziativa. Come vedete in 80 anni non ci siamo discostati molto da questi intendimenti iniziali.

Tra i primi soci figurano Felici, G. Ferraris, Garbasso, O. M. Corbino (allora professore nel liceo Garibaldi di Palermo), T. Levi Civita, Q. Majorana, A. Pacinotti, Vito Volterra, Renato Marcolongo, ecc.

Per *Il Nuovo Cimento* ricordo che fu fondato nel 1844 da Mossotti e Pilla come *Cimento*, e assunse il nome di *Nuovo Cimento* con Matteucci e Piria nel 1855. L'origine toscana della SIF è chiara: da Mossotti a Matteucci, a Felici, a Battelli in mezzo secolo (quello dell'indipendenza dell'Italia) si crea la struttura di cui noi oggi siamo gli eredi, a garanzia di un interessamento e di una continuità che non sono mai venute meno.

Il primo presidente è Pietro Blaserna di Roma (1898), poi Antonio Roiti di Firenze (dal '99 al 1900), Augusto Righi di Bologna (dal 1900 al 1903), poi dal 1909 al 1910 e infine dal 1919 al 1920, Angelo Battelli di Pisa (dal 1903 al 1906), Vito Volterra di Torino (dal 1906 al 1909), Michele Cantone di Palermo (dal 1910 al 1912), Antonio Garbasso di Firenze (dal 1912 al 1915, e dal 1920 al 1925), Orso M. Corbino di Roma (dal 1915 al 1919) e Quirino Majorana di Bologna (dal 1925 al 1943): suoi vicepresidenti erano Enrico Fermi e Antonio Carrelli.

Nel dopoguerra Giovanni Polvani di Milano fu il presidente della ricostruzione, seguito da Gilberto Bernardini e da Giuliano Toraldo di Francia fino al 1974. Le attività della SIF si sono molto sviluppate in questo lungo periodo, e il programma del nostro Congresso voltiano ne può essere un indice su cui non mi dilungo.

Ma vorrei sottolineare la costante fedeltà della SIF agli intendimenti iniziali dei suoi fondatori. In particolare l'impegno verso i problemi della didattica, che a molti è sembrato frutto di uno dei cento fiori, ma che invece ha, come si vede, radici molto lontane.

E poi il rapporto tra lavoro scientifico e progresso civile della società tutta. Anche qui nella ricorrenza più o meno fausta del decennale della presunta scoperta in Italia di questo rapporto, ricordiamoci che caso mai è l'ottavo decennale per i fisici italiani. Ma forse è per lo meno il tredicesimo se si pensa a Mossotti che comanda il battaglione degli studenti pisani; a Pacinotti che sul ponte di Goito, prima di una battaglia importante per l'indipendenza d'Italia, scrive appunti sulla sua macchinetta e così via.

Il nostro impegno e la nostra apertura a problemi di vivo interesse pubblico o sociale è costante. Negli ultimi due anni abbiamo tenuto convegni sui problemi energetici (Palazzo Re Enzo), sui problemi didattici (fisica per i non fisici, per la scuola secondaria, ecc.); abbiamo edito nuove riviste per la diffusione scientifica (*Quaderni del Giornale di Fisica, Fisica e Tecnologia*); abbiamo inserito nei nostri congressi annuali giornate aperte al pubblico più largo con relazioni su temi di attualità, ecc.

Oggi le nostre riviste stampano più di diecimila pagine in inglese e si

trovano nelle biblioteche di 70 paesi; nel nostro Editorial Board ci sono dieci premi Nobel. Fra le più frequenti citazioni internazionali della scienza italiana dell'ultimo decennio elencate dall'Institute for Scientific Information (Filadelfia) 80 su cento sono del *Nuovo Cimento*.

Cito questo non per trionfalismo celebrativo, ma per trarne motivo e stimolo a sempre meglio fare, in una situazione generale che non è e non si prospetta tra le più facili per la cultura italiana.

L'Institute for Scientific Information di Filadelfia è una di quelle istituzioni che negli Stati Uniti affiancano la ricerca scientifica con l'analisi quantitativa di fattori, aspetti e circostanze che la riguardano. Esso pubblica un bollettino settimanale, *Current Contents*, che ha cercato di quantificare un indice dell'attività scientifica nei maggiori paesi e del suo rilievo internazionale: la citazione di riviste e di articoli da parte di altri periodici. Sappiamo i limiti di questo indice che è comunque interessante. Sono state prese in considerazione 34 riviste scientifiche italiane, nel 1974, rispetto al numero delle citazioni di ognuna di esse fatte su altri periodici in quello stesso anno, rispetto al numero delle citazioni di articoli pubblicati nel '72 e nel '73 e infine rispetto al numero di questi ultimi. Le tre componenti prese insieme danno l' '*impact factor*', cioè l'indice di rilevanza oggettiva. Ed ecco i risultati. In ordine decrescente, il più importante periodico italiano è il *Journal of Submicroscopic Citology*, seguito da *Archives Italiennes de Biologie* e dal *Nuovo Cimento*. Al quinto posto sono le *Lettere al Nuovo Cimento*. Pur essendo al terzo posto rispetto all'indice di rilevanza, il *Nuovo Cimento* è però di gran lunga il più citato dei periodici italiani (5474 citazioni). Il valore medio internazionale dell' '*impact factor*' è 1,015; quello del *Nuovo Cimento* è 0,994. Per le *Lettere al Nuovo Cimento* è 0,785. Come termine di confronto gli *Atti dell'Accademia dei Lincei* hanno indice 0,044; gli *Annali di Geofisica* 0,098; *Elettrotecnica* 0,007; *Energia Nucleare* che è organo del CNEN 0,04.

Tra i 50 articoli apparsi su nostri periodici scientifici che risultano più citati dal 1961 al 1975, quaranta appartengono al *Nuovo Cimento* e dodici sono di italiani. Degli altri dieci articoli, sette vertono su problemi neurofisiologici, in particolare sul sonno, dove in effetti sappiamo che l'Italia vanta fondamentali contributi della Scuola di Pisa del Prof. Moruzzi.

La situazione del *Nuovo Cimento* è ancor più brillante se si eliminano le riviste di tipo specialistico e ci si limita alle riviste di archivio come in effetti è la nostra. Il favore con cui sono stati accolti i primi fascicoli del '78 della *Rivista del Nuovo Cimento* (ne sono stati già pubblicati 8 e più di una decina sono pronti) sia da autori di fama internazionale sia dalla comunità dei fisici nei vari Istituti, Centri e Laboratori di tutto il mondo, ci assicurano un successo lusinghiero e un futuro ricco di prospettive.

Un'altra importante attività della SIF merita una menzione, perché ci impegna nell'attività didattica della fisica.

Quest'anno poi la SIF celebra il XXV anniversario della sua Scuola Internazionale Enrico Fermi di Varenna.

È stata questa una delle iniziative più brillanti che abbia intrapreso il

Prof. Polvani nostro non dimenticato presidente del dopoguerra.
La fisica italiana deve molto alla Scuola di Varenna.
Si sono ivi creati legami di amicizia (e alle volte anche più stretti), si sono avuti scambi di idee e di esperienze, si è aiutata la formazione di centinaia di giovani ricercatori di tutto il mondo, si sono prodotti testi di aggiornamento tra i più apprezzati della letteratura scientifica, si è realizzato un ambiente libero, aperto, democratico senza barriere di nessun tipo.
A titolo di esempio la Scuola di Varenna è stata quest'anno dedicata a tre corsi che hanno avuto particolare successo.
Il 1° corso era: *Early Solar System Processes and the Present Solar System.* Direttore del corso il Prof. D. Lal, Physical Research Laboratory, Ahmedabad (India) mentre segretaria scientifica era la Prof. Giuliana Cini, Laboratorio di Cosmo-geofisica, CNR, Torino.
Il 2° corso riguardava: *High Power Lasers and Their Applications.* Direttore del corso il Prof. C. Pellegrini, CNEN, Centro di Frascati. Segretario scientifico il Dott. A. Marino, CNEN, Centro di Frascati.
Il 3° corso era: *Intermolecular Spectroscopy and Dynamical Properties of Dense Systems.* Direttore del corso il Prof. J. Van Kranendonk, Department of Physics, University of Toronto, Ontario (Canada). Segretario scientifico il Prof. S. Cunsolo, Istituto di Fisica dell'Università di Roma.
Ogni anno da 25 anni organizziamo scuole estive di questo livello. Penso che sia un modo fattivo di intendere le discussioni 'sulle nuove didattiche' che tanto inchiostro fanno scorrere.
Organizzando il nostro Congresso SIF in occasione delle celebrazioni voltiane abbiamo pensato di allargarlo in una giornata ad un pubblico più largo di quello abituale dei Soci, invitando anche la cittadinanza.
Il compito di illustrare la situazione in alcuni settori di punta della fisica mondiale è stato riservato ad alcuni fra i più noti fisici, anche insigniti del Nobel. Così S. C. C. Ting ha parlato su: *Photons, Heavy Photons and New Particles of Matter*; N. G. Basov: *Some Problems of Transformation of Electrical Energy into Coherent Light*; F. Bloch: *Perspectives of the Theory of Electric Conduction in Matter*; H. Alfven: *Electromagnetic Phenomena in the Cosmos*; L. Van Hove: *Where Do We Stand in Particle Physics?*; K. Johnsen: *A New Approach to Fusion: Heavy Ions*; M. Nicolet: *Aeronomy of the Stratosphere Related to Problems of its Pollution*; F. Seitz: *A Physicist's View of Living Systems.*
Data l'estrema varietà dei settori di ricerca è evidentemente impossibile riuscire a delineare seppure a grandi tratti quanto è stato detto nelle relazioni.
Durante il Congresso di Como poi il compito di inquadrare le varie attività della fisica nel nostro paese in un panorama organico e coerente è stato assunto dal Prof. Edoardo Amaldi, presidente del Comitato Fisica del CNR, e dal Prof. Antonino Zichichi, presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.
Per quanto riguarda il CNR l'attività fisica si può dire copra tutti i campi di ricerca ad eccezione del nucleare e noi ci limiteremo a qualche indicazione sui campi più sviluppati (per finanziamenti e persone).

1) La fisica cosmica. La Scuola italiana ha una certa tradizione in questo settore che viene difeso malgrado le crescenti dimensioni degli apparati (e quindi i crescenti costi) e anche la crescente sofisticazione delle tecniche. Nei raggi cosmici (dove dagli anni '30 agli anni '50 la nostra posizione è stata molto brillante grazie ai lavori dei gruppi di Bruno Rossi, Gilberto Bernardini, Giuseppe Occhialini, Edoardo Amaldi, Gleb Wataghin, Giampiero Puppi ed altri) oggi si può competere a livello internazionale solo usando sonde spaziali o apparati a terra molto estesi (per esempio gli sciami estesi atmosferici richiedono sistemi di rivelatori a scintillazione o a luce Cerenkov che coprono aree fino a 100 km^2). Malgrado questo in alcuni settori si riesce a mantenere posizioni concorrenziali. Da una parte si sfruttano infatti favorevoli situazioni geografiche che permettono ad esempio di fare esperimenti sotterranei a grande profondità utilizzando la Galleria del Monte Bianco, in un settore, quello dei neutrini e dei muoni, di notevole interesse (gruppo di Torino). Dall'altra si è collaborato a livello europeo o internazionale ponendo su satelliti apparati scientifici per lo studio degli elettroni primari, dei raggi X e dei raggi γ (gruppi di Milano, Bologna, Palermo), o della magnetosfera (Roma). Anche lo studio della modulazione dell'intensità della radiazione cosmica per effetto del vento solare o per genuini effetti siderei è ben svolto nel nostro paese (Torino, Roma, Bologna).

2) Nel settore più propriamente astrofisico si è sviluppata una interessante iniziativa sperimentale nella radio astronomia (Bologna), o nella ricerca di astronomia in infrarosso e i nostri osservatori hanno continuato la loro tradizionale attività nell'ottico. Interessante lo sviluppo di un gruppo di astrofisici teorici specialmente di alta energia, a Roma, Bologna, Torino, ecc. che hanno dato cospicui contributi a problemi di grande attualità, dalla astrofisica dei neutrini all'evoluzione stellare agli oggetti celesti più complicati (*black holes*, *quasars*, ecc.). Un campo di straordinario interesse è quello affrontato dal Prof. Amaldi sulla ricerca delle onde gravitazionali. È noto come i lavori pionieristici di Weber abbiano suscitato un grande fervore di ricerca in molti laboratori, proprio per l'importanza del problema e la incertezza dei risultati ottenuti (pure con eccezionale bravura sperimentale). A Roma si è costruita una antenna gravitazionale di caratteristiche molto spinte che ha già funzionato in prova e che ci pone nelle primissime posizioni.
Sarà anche interessante seguire la proposta di mettere in coincidenza questo rivelatore di onde gravitazionali con i rivelatori di neutrini astrofisici che una collaborazione Torino-Mosca sta installando nella galleria del Monte Bianco. Infatti sia i neutrini sia le onde gravitazionali hanno origine nello stesso tipo di evento, il collasso gravitazionale delle stelle di grande massa nell'ultimo stadio della loro evoluzione. I due segnali viaggiano nello spazio con la stessa velocità portando informazioni diverse ma integrabili su questo tipo di evento cosmico che è fra i più drammatici e i più informativi.

3) Lo studio della struttura della materia, o meglio degli stati aggregati, ha avuto un notevole impulso in tutto il paese nell'ultimo ventennio. Qui i settori interessati sono talmente numerosi che non è possibile nemmeno tentare una sintesi. Si sono costituiti tre laboratori del CNR ed una trentina di unità di ricerca presso le Università che coprono i più svariati settori: dalla criogenia al magnetismo, dalla fisica atomica a quella molecolare, dai semiconduttori alla diffrazione neutronica all'ultraacustica, ecc. Il livello di produzione è quantitativamente e qualitativamente soddisfacente e non mancano i risultati di rilievo internazionale.
Negli ultimi mesi si è sviluppata un'interessante nuova linea che vede avvicinarsi due filoni di ricerca finora separati, quello delle macchine acceleratrici e quello della struttura della materia: il ponte è rappresentato dalla luce di sincrotrone. È noto infatti che dai *beams* di particelle accelerate nelle macchine è possibile estrarre una luce di sincrotrone che ha caratteristiche di estremo pregio per lo studio della interazione luce-materia e che apre campi di straordinario interesse. Utilizzando le macchine Adone di Frascati si sono predisposti 5 canali di luce di sincrotrone ai quali potranno accedere équipes di ricercatori da tutte le Università.

4) Nel settore della fisica del nucleo oggi l'Italia sta facendo un interessante sforzo per fornirsi di apparati utili allo studio delle interazioni degli ioni pesanti. Infatti sui Laboratori nazionali dell'INFN di Legnaro (Padova) e di Catania si stanno costruendo due nuovi tandem, di caratteristiche avanzate, che forniranno possibilità di ricerca per vari anni. L'argomento è di vivo interesse e si affianca agli studi più tradizionali di spettroscopia nucleare.
Anche qui la tradizione è nota, la scuola buona, i mezzi sufficienti, i risultati validi, le prospettive interessanti. Anche la distribuzione geografica dei centri di studio (così come per gli stati aggregati della materia) è equilibrata tra nord e sud.
La fisica delle medie energie trae spunti interessanti a Frascati e a Milano. Da segnalare le collaborazioni di gruppi di Torino con Dubna e di altri gruppi con vari centri europei.

5) La fisica delle particelle elementari è sempre stata un fiore all'occhiello della scienza italiana sia nel settore teorico che in quello sperimentale. I nomi di grande prestigio internazionale, che hanno dato risultati di grosso valore negli ultimi trent'anni, sono numerosi e citandoli si corre il rischio di dimenticarne qualcuno.
Limitiamoci quindi a ricordare le due grandi strutture portanti di questo importante settore. L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è un tipico prodotto di organizzazione culturale di un ambiente democratico e nello stesso tempo duramente meritocratico: è una struttura atipica sia nel nostro paese che in altri, che media con misura le esigenze della struttura accademica e universitaria con quella più centralizzata di un organismo autonomo. E i risultati stanno a dimostrarne la validità: c'è solo da augu-

rarsi che il momento 'partecipativo' oggi non venga ad alterare questo delicato equilibrio e lasci al merito, al talento l'opportunità di affermarsi e dirigere anche se, fatalmente, è numericamente perdente. È questo uno dei punti più difficili da far accettare oggi, ma il recente passato ci consiglia di insistervi.

L'INFN ha costruito un centro di prestigio come i Laboratori Nazionali di Frascati, con due macchine, l'elettro-sincrotrone da 1 GeV e l'anello di accumulazione di Adone, che hanno avuto un peso ne llosviluppo della fisica degli ultimi 20 anni, e anche nello sviluppo della tecnica degli acceleratori.

La seconda struttura portante non è italiana, ma internazionale ed è il CERN di Ginevra. Qui lo citiamo perché molta parte della fisica italiana sperimentale delle altissime energie si svolge ora attorno agli acceleratori del CERN; ma anche e soprattutto perché alla sua impostazione iniziale prima e alla sua realizzazione e suo sviluppo poi la fisica italiana ha dato un valido e apprezzato contributo.

6) Resterebbe ora da accennare alla fisica dei plasmi che con l'aiuto del CNEN si sviluppa a Frascati nel Laboratorio dei gas ionizzati e con il supporto del CNR a Milano, Pisa, ecc. I recenti risultati ottenuti a Frascati e di cui la stampa ha parlato mi esimono dall'insistervi. È noto che l'umanità si trova agli inizi di una crisi energetica di transizione tra due fasi caratterizzate da una disponibilità praticamente illimitata di energia. La prima, finita nel 1973 con la guerra del Kippur, era illimitata però solo nella credenza dei più; quella che inizierà con il nuovo millennio sarà invece effettivamente un'era dell'abbondanza energetica grazie proprio al grande sforzo che i fisici del plasma stanno facendo in tutto il mondo per arrivare alla fusione controllata. Il contributo italiano a questo lavoro di prospettiva non manca.

I Progetti finalizzati, che costituiscono un grande sforzo del paese nel campo della ricerca orientata o applicata, non hanno visto premiata la fisica. Si può capire come svariate esigenze abbiano prodotto questo effetto, ma ciò non toglie che noi ce ne dobbiamo lamentare. Alcune proposte, ad esempio sui laser di potenza, però sembrano essere state riprese in considerazione, e così pure la proposta di un progetto finalizzato sulla superconduttività. Però è evidente che tutta la fisica degli stati aggregati ha perso, o meglio, non ha sfruttato appieno un'occasione che non si ripresenterà tanto presto. E ciò con un certo danno del paese se si pensa alle grandi implicazioni che questa fisica ha in tutte le tecnologie avanzate. Un paese come il nostro, che non è fortunato per risorse energetiche e di materie prime, dovrebbe privilegiare lo sviluppo di questa tecnologia di alto livello, abbandonando la linea dello sviluppo industriale '*energy intensive*' che ha caratterizzato la nostra economia degli anni '50 e '60. Questo riorientamento non può che partire dalla ricerca fondamentale e da quella applicata, ricerca fisica in particolare.

Un peso interessante ha il P. F. Oceanografia. L'Italia è uno dei paesi

con maggiore sviluppo costiero rapportato alla superficie e malgrado ciò (e nonostante una antica vocazione marinara) non ha dato sufficiente impulso nel passato agli studi oceanografici.
A questa carenza cerca di sopperire il Progetto Finalizzato Oceanografia, abbastanza ben finanziato. C'è forse da lamentare che la oceanografia fisica sia un po' sottovalutata: ma è anche evidente che i momenti più difficili sono quelli del decollo e non è saggia politica (in nessun campo) volere tutto e subito. L'impegno dei fisici italiani dovrà accentuarsi in questo settore nel prossimo decennio per non perdere il contatto con l'ambiente internazionale che sta dando un impulso estremamente vigoroso al settore.
I fisici sono anche presenti in altri due progetti finalizzati: quello Ambiente e quello Geodinamica. Qui i programmi sembrano ben equilibrati e ben finalizzati, i gruppi sono operanti a buon livello e non vi è che da attendere i risultati. Tutto ciò è da sottolineare: infatti una certa tradizione accademica e certi vincoli di scuola avevano favorito nel passato la geofisica della terra solida rispetto a quella dell'aria: sotto la spinta di alcune giovani scuole (Roma, Bologna, Torino, ecc.) però la fisica dell'atmosfera sta riguadagnando posizioni più equilibrate. E si capisce come questo sia di vantaggio al paese nel momento in cui le esigenze ecologiche sono sempre più sentite dall'opinione pubblica (anche se forse alle volte troppo sollecitata).

Penso che al lettore, sarebbe ora necessaria una ulteriore informazione per completare il quadro della nostra fisica oggi. Ma l'elencazione si farebbe troppo lunga e dispersiva.
Una conclusione dunque. Ed è che quando esistono buoni maestri, e le strutture contemperano equamente meritocrazia e democrazia, e le motivazioni intrinseche (la curiosità, il desiderio di essere utili) non mancano, si può ben operare anche in periodi tumultuosi e abbastanza oscuri come quelli che viviamo. Occorre poi la stima reciproca tra scienziati e politici: con la reciproca fiducia si possono affrontare problemi di finanziamento e di gestione che sono di per sé difficili, ma che lo sono ancor più per una disciplina costosa come la fisica e per un paese in difficoltà economiche come l'Italia di questi giorni.
Celebrando Volta, che fu uomo di grande equilibrio e apertura, a Como non si poteva non riaffermare l'estrema importanza di queste posizioni di equilibrio e saggezza tra contrastanti esigenze per lo sviluppo della scienza nel nostro paese.

C. C.

The 80 Years of the Italian Physical Society

Paper read during the Congress of the Italian Physical Society (SIF) held on the occasion of the Voltian Year Celebrations

Como, 26th-30th September, 1977

CARLO CASTAGNOLI
Università di Torino

Besides the Voltian commemorations, this year is being celebrated at Como as the eightieth anniversary of the Italian Physical Society (SIF); this is, then, a good opportunity to draw up a balance sheet, or at least to make some appraisal, of the state of physics in our country today.

The SIF is one of the strongest (and, by now, one of the oldest) of Italian scientific societies.

It was started in January 1897 by a promotion committee presided over by Angelo Battelli of Pisa (which for the whole of the nineteenth century, in the wake of Curtatone and Montanara and of the powerful social commitment of people like Mossotti, Matteucci, Pacinotti and others, was the seat of the most vital Italian university from both a political point of view and also from general interest).

The first announcement of the establishment of the SIF dates from some months later (March 1897) and here I will report it in full: « We are pleased to announce that the establishment of the Italian Physical Society is now assured. We are convinced that this society, by facilitating intercourse and discussion between students of physics in Italy, will effectively contribute to the expansion of science and to the diffusion of knowledge. It is sufficient to remember how fruitful have been the results obtained by some of the associations with similar intentions founded in other countries. We can say, without fear of vanity, that work is being done, and being done well, in Italy, but that the scholars are almost isolated; our science is lacking in that organization and co-ordination which other countries have obtained, so that not infrequently we have been forced to observe that the work of Italian scientists is little known even to the Italians. At the same time we must deplore quite a number of defects in our teaching programmes and a certain disharmony between the instruction provided in the middle schools and in the high schools, which can largely be accounted for by the lack of understanding between the various teachers. To improve this state of affairs and to strengthen the bonds that should bind all students of the same science, we invited all those who are concerned with mathematical and experimental physics in our country to join the proposed society. The result was excellent, superior even to what we could have hoped for; at the present time, more than 150 replies. With this, the society considers itself established. It assumes as its organ *Il Nuovo Cimento* ».

This is an interesting document: the links between research and teaching, the need for scientific co-ordination and the desire for solidarity between workers in the same discipline are expressed as clear motives behind the initiative. As you can see, we have not moved very far from the initial intentions in these 80 years.

Among the earliest members were Felici, G. Ferraris, Garbasso, O. M. Corbino (then professor in the Garibaldi liceo at Palermo), T. Levi Civita, Q. Maiorana, A. Pacinotti, Vito Volterra, Renato Marcolongo and others.

As for *Il Nuovo Cimento*, this had been

founded in 1844 by Mossotti and Pilla as *Cimento* and had taken on the name *Il Nuovo Cimento* under Matteucci and Piria in 1855. The Tuscan origins of the SIF are clear: in the half century (the years of Italian independence) that goes from Mossotti to Matteucci, to Felici, to Battelli, the structures of which we are today inheritors were created, guaranteeing an interest and continuity that has never disappointed.

The first president was Pietro Blaserna of Rome (1898), followed by Antonio Roiti of Florence (1899 to 1900), Augusto Righi of Bologna (1900 to 1903, also 1909 to 1910 and, finally, 1919 to 1920), Angelo Battelli of Pisa (1903-1906), Vito Volterra of Turin (1906-1909), Michele Cantone of Palermo (1910-1912), Antonio Garbasso of Florence (1912-1915 and 1920-1925), Orso M. Corbino of Rome (1915-1919) and Quirino Maiorana of Bologna (1925-1943), whose vice-presidents were Enrico Fermi and Antonio Carelli.

After the War, Giovanni Polvani of Milan presided over the reconstruction and was followed by Gilberto Bernardini and, until 1974, Giuliano Toraldo di Francia. The activities of the SIF have been much developed during this long period and the programme of our Voltian Congress can be an index of this fact, though I will not dwell on it here.

I do, however, want to stress the SIF's continuing faithfulness to the original intentions of its founders, especially the commitment to didactic problems, which many have seen as the fruit of one of the hundred flowers to have bloomed in recent years but that has instead, as we have seen, very distant roots.

Let us mention also the relationship between scientific work and the civil progress of society as a whole. Here, too, on what is more or less the tenth anniversary of the presumed discovery of this relationship in Italy, it is worth remembering that for Italian physicists it is rather the 80th anniversary. But perhaps it is better to say the 130th anniversary, thinking of Mossotti commanding the battallion of Pisan students and of Pacinotti, on Goito's bridge before an important battle for the Italian independence, writing notes on his electromagnetic inventions, and so on.

Our awareness and commitment to problems of great public or social interest is constant. In the last two years we have held conferences on the energy questions (Palazzo Re Enzo), on didactic problems (physics for non-physicists and physics for the high school, etc...), we have published new journals to diffuse scientific ideas (*Quaderni del Giornale di Fisica, Fisica e Tecnologia*), etc..., we have inserted days open to the general public into our annual congresses, with lectures on topics of current interest, etc...

Today, our reviews print more than ten thousand pages in English and they can be found in the libraries of 70 countries; there are ten Nobel laureates on our Editorial Board. Among the most frequent international references to Italian science over the last decade, as catalogued by the Institute for Scientific Information of Philadelphia, eighty out of every hundred are to *Il Nuovo Cimento*.

I am not mentioning this to extract triumphal praise, but to offer it as an example and as a stimulus to do always better in a general situation that is not, and does not look like becoming, one of the happiest for Italian culture.

The Institute for Scientific Information of Philadelphia is one of those institutions which provide scientific research in the United States with the quantitative analysis of factors, aspects and circumstances relating to it.

It publishes a weekly bulletin, *Current Contents*, which has attempted to quantify an index of scientific activity in the major countries and of its international importance through references to reviews and articles made by other periodicals. We are aware of the limits of such an index but it is nonetheless interesting. Thirty-four Italian scientific reviews from 1974 were taken into consideration as regards the number of references made to them by other periodicals in

the same year, as regards the number of references to articles published in 1972 and 1973 and, finally, as regards the number of these articles. The three components taken give an 'impact factor', that is an index of objective relevance. These were the results. In decreasing order, the most important Italian periodicals were the *Journal of Submicroscopic Citology*, the *Archives italiennes de biologie* and *Il Nuovo Cimento*; in fifth place was *Lettere al Nuovo Cimento*. Although in third place with respect to the relevance index, *Il Nuovo Cimento* was by far the most referred-to Italian periodical (5474 references). The average international value of the impact factor was 1.015, that of *Il Nuovo Cimento* was 0.994 and that of *Lettere al Nuovo Cimento* was 0.785. To give some reference terms, the *Atti dell'Accademia dei Lincei* had an index of 0.044; the *Annali di Geofisica* 0.098; *Elettrotecnica* 0.007; *Energia Nucleare*, the organ of the CNEN, 0.04. Among the fifty most-quoted articles to have been published in Italian periodicals between 1961 and 1975, forty appeared in *Il Nuovo Cimento* and twelve were by Italians. Of the other ten articles, seven dealt with problems of neurophysiology and in particular with sleep, where we know, in fact, that Italy can claim fundamental contributions from the school of Prof. M. Moruzzi at Pisa.

Il Nuovo Cimento's situation is even more impressive when we eliminate specialist reviews and limit ourselves to reviews for more general consultation, as our own is, in effect. The favoured reception which has greeted the first issues of the *Rivista del Nuovo Cimento* for 1978 (8 have already been published and more than ten others are ready), both from authors of international fame and from the community of physicists in the various institutes, research centres and laboratories throughout the world, assures us of a flattering success and of a future rich with possibilities.

Another important activity of the SIF which deserves mention is its commitment in the didactic activity of physics.

This year, in fact, the SIF is celebrating the 25th anniversary of its Enrico Fermi International School at Varenna.

This was one of the most brilliant initiatives undertaken by Prof. Polvani, our not forgotten president of the post-War years.

Italian physics owes much to the Varenna School.

Bonds of friendship (and sometimes even stronger ones!) have been created there, exchanges of ideas and experiences have taken place, the formation of hundreds of young researchers from all over the world has been aided, some of the most highly considered refresher texts in scientific literature have been produced and a free, open and democratic environment with no barriers of any kind has been realized. To give an example, this year the Varenna School was dedicated to three courses which have had particular success.

The 1st course: *Early Solar System Processes and the Present Solar System*. Director of the course was Prof. D. Lal of the Physical Research Laboratory, Ahmedabed (India) and the scientific secretary was Prof. Giuliana Cini of the Cosmo-geophysical Laboratory of the CNR, Turin.

The 2nd course: *High Power Lasers and their Applications*. Director of the course was Prof. C. Pellegrini of the Frascati Centre of the CNEN and scientific secretary was Dr. A. Marino of the Frascati Centre of the CNEN.

The 3rd course: *Intermolecular Spectroscopy and Dynamical Properties of Dense Systems*. Director of the course was Prof. J. Van Kranendonk of the Department of Physics, University of Toronto, Ontario (Canada) and the scientific secretary was Prof. S. Cunsolo of the Institute of Physics, University of Rome.

Every year for twenty-five years we have organized summer schools of the same level. I believe this is a practical way of understanding the discussions 'on new didactics' which have caused so much ink to flow.

In organizing the SIF Congress as part of the Voltian Year celebrations we decided to open it for one day to a wider audience than the usual one made up of members, inviting also the general public.

The task of illustrating the situation in several of the principal sectors was reserved for a number of the most famous physicists, including some decorated with the Nobel prize. Thus, S. C. C. Ting spoke on *Photons, Heavy Photons and New Particles of Matter*; N. G. Basov on *Some Problems of Transformation of Electrical Energy into Coherent Light*; F. Bloch on *Perspectives of the Theory of Electric Conduction in Matter*; H. Alfven on *Electromagnetic Phenomena in the Cosmos*; L. Van Hove on *Where do we Stand in Particle Physics?*; K. Johnsen on *A New Approach to Fusion: Heavy Ions*; M. Nicolet on *Aeronomy of the Stratosphere Related to Problems of its Pollution*; and F. Seitz on *A Physicist's View of Living Systems*.

Given the wide variety of research areas it is obviously impossible to outline, except in very general terms, what was said in the reports.

During the Como Congress the task of setting the various physics activities of our country into an organic and coherent panorama was taken by Prof. Edoardo Amaldi, president of the Physics Committee of the National Research Council (CNR) and by Prof. Antonino Zichichi, president of the National Institute of Nuclear Physics (INFN).

As regards the CNR, physics activity covers, one might say, all research fields with the exception of nuclear physics and we will limit ourselves here to a few indications for the most developed fields (in terms of finance and people).

1) Cosmic Physics. The Italian school has a certain tradition in this sector, which is defended in spite of the growing dimensions of the apparatus (and therefore the growing costs) and the growing sophistication of the techniques.

In cosmic rays (where from the '30's to the '50's our position was most impressive, thanks to the work of groups under Bruno Rossi, Gilberto Bernardini, Giuseppe Occhialini, Edoardo Amaldi, Gleb Wataghin, Giampiero Puppi and others), it is possible to compete at an international level today only by using space probes or extensive terrestrial apparatus (for example, the extended atmospheric swarms require scintillation or Cerenkov light detectors covering areas up to 100 km^2). In spite of this, there are several fields in which a competitive position can be maintained. On the one hand, in fact, we can utilize favourable geographic situations which allow, for example, experiments to be performed deep underground using the Mont Blanc tunnel, in a sector of considerable interest, that of neutrinos and muons (the Turin group). On the other hand, we have collaborated at a European and international level to put onto satellites apparatus for studying primary electrons, X-rays and γ-rays (Milan, Bologna and Palermo groups) or the magnetosphere (Rome group). Study of the intensity modulation of cosmic rays due to the solar wind or to genuine sidereal effects is also well carried out in this country (Turin, Rome and Bologna).

2) In the more purely astrophysical sector an interesting experimental initiative in radio-astronomy has been developed (Bologna) with research in infra-red astronomy, while our observatories have maintained their traditional activity in optical astronomy. Also of interest is the development of a group of theoretical astrophysicists specializing in very high energies (at Rome, Bologna, Turin, etc...) who have made notable contributions to problems of great current interest, from neutrino astrophysics to stellar evolution, to more complicated celestial objects (black holes, quasars, etc...). A field of extraordinary interest is being investigated by Prof. Amaldi in his research on gravitational waves. It is well-known that Weber's pioneering work brought on a great research fervour in many laboratories, precisely on account of the importance of the problem and the uncertainty about the results obtained (in spite of exceptional experimental dexterity). A detector of gravitational waves with advanced characteristics has already been constructed at Rome and has functioned in trials, putting us among the leading positions in this research.

It will also be interesting to follow the proposal of bringing together this gravitational wave detector with the astrophysical neutrino detector that a collaboration between Turin and Moscow is installing in the Mont Blanc tunnel. In fact, the neutrinos and the gravitational waves both originate in the same type of event, the gravitational collapse of very heavy stars in the last stage of their evolution. The two signals travel through space at the same velocity carrying different information that is integrable on this type of cosmic event, which is among the most dramatic and informative.

3) The study of the structure of matter, or, better, of aggregate states, has had a considerable growth in this country over the past twenty years. The sectors concerned in this study are so numerous that it is not possible to even attempt a synthesis. Three laboratories have been established by the CNR and there are about thirty research groups in the universities, covering the most varied areas: from cryogenics to magnetism, from atomic physics to molecular physics, from semiconductors to neutron diffraction to ultrasonics, etc... Both the quantitative and qualitative levels of production are satisfactory and results of international importance have not been lacking.
In recent months a new and interesting line of research has developed, involving the drawing together of two fields that so far have remained separate, that of the accelerating machines and that of the structure of matter: the bridge is formed by synchrotron light. It has been well-known, in fact, that synchrotron light can be extracted from the beams of accelerated particles in machines; this light has extremely useful characteristics for the study of interactions between light and matter, opening fields of extraordinary interest. Using the Adone machines at Frascati, five channels of synchrotron light have been prepared and research teams from all the universities will have access to them.

4) In the nuclear physics sector, Italy is today making an interesting effort to supply itself with the apparatus useful for the study of interactions between heavy ions. In fact, two new tandems with advanced characteristics that will give research possibilities for several years are being built at the INFN national laboratories at Legnaro (Padua) and Catania. This is a topic of live interest and goes side-by-side with the more traditional studies of nuclear spectroscopy.
Here, too, the tradition is famous, the school a good one, the hardware sufficient, results good and the prospects interesting. Moreover, the geographical distribution of research centres is equally balanced between north and south, as it is for work on aggregate states of matter.
Middle energy physics is making interesting progress at Frascati and Milan. The collaboration of the Turin group with Dubna and of other groups with several European centres should also be mentioned.

5) Elementary particle physics has always been the pride of Italian science both in the theoretical and experimental sectors. There have been many names of great international prestige who have obtained results of immense value over the past thirty years and to mention them we would run the risk of forgetting one or two.
We will limit ourselves, then, to remembering the two great structures on which this important sector is built. The INFN is the typical product of the cultural organization of a democratic environment that is at the same time severely meritocratic; it is an atypical structure for our country and also for other nations, for it accurately balances the demands of the university and academic structure with the more centralized one of an autonomous organism. Its results bear witness to the validity of this fact; it is only to be hoped that today's 'participatory' trend does not alter this delicate equilibrium but allows merit and talent to retain the opportunity of affirming and directing itself, even if, fatally, it is numerically inferior. This is one of the most difficult points to have accepted at the present time but the recent past advises us to insist upon it.

The INFN has constructed a prestigious centre, the Frascati National Laboratory, with two machines, the 1 GeV electron-synchrotron and the Adone storage ring, which have been of great influence in the development of physics over the last twenty years, as well as on the development of accelerator technology.
The second basic structure is not Italian but international, the CERN at Geneva. It deserves mention here because a large part of Italian experimental high-energy physics is carried out at the CERN accelerators; but also, and above all, because Italian physics gave a valid and recognized contribution in, first of all, the original planning and, secondly, in its realization and development.

6) There remains now for us to consider plasma physics, which is being developed in the ionized gas laboratory at Frascati, with the help of CNEN, and at Milan, Pisa, etc..., with the support of the CNR. The recent results obtained at Frascati and which have been discussed in the press exempt me from insisting upon the matter. We all know that humanity is at the beginning of an energy crisis, the transition between two phases characterized by practically unlimited supplies of energy. The first ended in 1973 with the Yom Kippur War and was really only such in the minds of many people; the one which will begin with the new millenium will, instead, be effectively an era of energy abundance thanks to the great effort that plasma physicists are making throughout the world in order to arrive at controlled fusion. Italian contributions to this prospective work are not missing.
Finalized projects, which constitute a great national effort in the field of directed or applied research, have not given physics a leading role. One can appreciate how many different demands have produced this effect, but that does not mean we should not regret the fact. Several proposals, for instance one on power lasers, seem to have been again taken into consideration, as has the proposal of a finalized project on superconductors. However, it is evident that the whole of the physics of aggregate states has lost, or, better, has not exploited to the full, an opportunity that will not be represented again very quickly. And this with a certain damage to the nation if we think of the great implications that this physics holds for all advanced technologies. A country like ours, which is not fortunate in energy supplies or raw materials, ought to favour the development of this kind of high level technology, abandoning the 'energy intensive' line of industrial development that characterised our economy in the '50's and '60's. This reorientation cannot but begin from fundamental and applied research.
The Finalized Project Oceanography has an interesting role. Italy is one of the countries with the largest coastline surface area ratios, yet in spite of this there has been insufficient emphasis given in the past to oceanographic studies (except for our ancient vocation to the sea). The well-financed Oceanography Finalized Project (P.F.) aims to fill this gap. We could perhaps regret that physical oceanography is a little undervalued; but it is also obvious that the earliest moments are the most difficult ones and it is not politically wise to look to everything right away. The commitment of Italian physics in this sector must be increased over the next decade if we are not to lose contact with the international situation, since a most vigorous impulse is being given to it elsewhere.
Physicists are also at work in two other finalized projects, that on the Environment and that on Geodynamics. These groups seem well balanced and well finalized, they are operating at a good level and we can only await their results. This should be emphasised; in fact, a certain academic tradition, together with school preferences, have favoured in the past the geophysics of solid earth with respect to that of the air: under the pressure of several young schools (Rome, Bologna, Turin, etc...), the physics of the atmosphere is coming to take a more balanced position. This is, one appreciates, to the nation's advantage at a moment when ecological demands are increasingly more felt

by public opinion (although at times this is perhaps too incitable).
To complete the picture of our physics today, I think that the reader would still require at this point some further information. But the list would then become too long and dispersive.

Let us give, then, a conclusion. And it is that when there are good teachers, the structures provide both democracy and meritocracy equally and intrinsic motivations (curiosity, the desire to be useful) are present, then one can operate well even in tumultuous and fairly dark periods like the one in which we are now living. Mutual estimation between scientists and politicians is also needed; with mutual confidence one can approach problems which are intrinsically difficult, such as those related to finance and management, but which are even more so for an expensive discipline like physics and for a country in economic difficulties like Italy in these days.
In celebrating Volta, who was a man of great equilibrium and openness, we could not help but reaffirm here at Como the tremendous importance of these positions of balance and wisdom between contrasting demands, for the development of science in our country.

C. C.

Translation: T. HAYWOOD - MILANO

Niels Bohr: gli atomi e la conoscenza*

Verso un nuovo modo di 'pensare' la realtà

SANDRO PETRUCCIOLI
Università di Pisa

I A distanza di mezzo secolo dalla nascita della meccanica quantistica sono cominciati a uscire, in una edizione pregevolmente curata, i primi volumi dei *Collected Works* di Niels Bohr il cui contributo scientifico resta indissolubilmente legato ai notevoli progressi compiuti nel Novecento dalla conoscenza dei costituenti elementari della materia. Con questa iniziativa editoriale non si è voluto tributare un sia pur doveroso riconoscimento alla figura di uno scienziato che ha lasciato un'impronta indelebile in una delle svolte paradigmatiche più significative della storia del pensiero scientifico; piuttosto, si è inteso fornire allo storico della scienza un utile strumento con cui rendere più penetrante la sua indagine sulla fisica moderna, e alla riflessione metodologica ed epistemologica una viva testimonianza di come la costruzione delle teorie segua processi non lineari al centro dei quali vi è sempre l'« analisi razionale delle leggi della natura e del carattere singolare del significato che esse hanno per noi » (L. Rosenfeld, *General Introduction*, Vol. 1, p. IX). Accanto agli articoli apparsi sulle più prestigiose riviste scientifiche troviamo così raccolti nei diversi volumi articoli inediti, una ricchissima corrispondenza ed altri materiali che illustrano le circostanze nelle quali fu intrapreso un certo lavoro, le ripercussioni avute dalla sua pubblicazione e ogni altra informazione che lo riguarda. La scelta dei materiali (fatta dal collettivo editoriale tra i molti documenti depositati presso il Niels Bohr Archive di Copenaghen e tra quelli raccolti da Thomas Kuhn nell'ambito del *Sources for History of Quantum Physics Project*) è stata guidata dall'obiettivo di ricostruire la complessa personalità scientifica di Bohr lungo tutta la sua intensa attività: dagli anni della formazione teorica presso i grandi laboratori di Cambridge e di Manchester, agli ultimi anni della sua vita quando cercava di arrivare a una esplicitazione delle implicazioni teoriche, logiche e culturali del metodo quantistico di descrizione e spiegazione che aveva trasformato radicalmente la concezione 'classica' della scienza.

II Non ancora trentenne,Bohr si affermò come fisico di eccezionale talento, grazie alla teoria quantistica dell'atomo nucleare e nonostante lo scetticismo iniziale con cui vennero accolte dagli ambienti scientifici ufficiali le sue

idee che minavano le basi stesse dello elettromagnetismo ottocentesco[1]. Bohr seppe orientare il suo imponente lavoro creativo in fisica atomica all'interno di un programma di ricerca esattamente circoscritto. Esso era stato delineato fin dal 1913 a partire dalle questioni teoriche e dalla revisione concettuale implicita nella avvenuta integrazione del quanto di azione nella teoria sulla costituzione dell'atomo. Tale programma sarebbe culminato con il 1927 nella formulazione matematica e nel chiarimento della portata conoscitiva della nuova meccanica. Fu tale *continuità programmatica* a sorreggere un atteggiamento di ricerca consapevole fin da principio della frattura radicale che opponeva 'le nuove idee' alle teorie della fisica classica e della validità puramente *formale* delle leggi della prima teoria quantistica sull'interazione atomo-radiazione. In essa è racchiusa tutta la peculiarità del metodo di indagine, della forma di ragionamento, del tipo di strumenti concettuali e categoriali e dello stesso stile utilizzato dal fisico danese. Prima ancora che dalla straordinaria acutezza dell'analisi e dalla fertilità creativa, chi si accosti agli scritti di Bohr resta colpito dall'impianto logico del suo discorso; da esso traspare una costante preoccupazione a evidenziare l'esistenza di un particolare punto di vista filosofico al fondo di qualsiasi soluzione 'tecnica', ad allargare in una prospettiva storica il senso di ogni contenuto teorico e a relativizzare la portata degli strumenti interpretativi, specificandone i limiti di applicazione « allo stato attuale della scienza ».

Critici severi ed entusiasti sostenitori di Bohr si sono spesso trovati d'accordo nel ritenere che egli fu un filosofo prima ancora che un fisico[2]. Anche se questo giudizio ci sembra comunque scaturire da una forzata separazione tra contenuti specialistici della ricerca e riflessione storico-critica circa i caratteri della produzione di scienza e le 'logiche' del suo sviluppo, è indubbio che Bohr utilizzò costantemente l'arma della critica filosofica per diffondere e difendere i risultati raggiunti. I suoi contributi alla fondazione delle basi epistemologiche della nuova fisica non sono meno rilevanti della sintesi razionale cui sottopose l'enorme quantità di dati ricavati dalle osservazioni sul mondo microscopico. Seguendo però una linea interpretativa che tenda ad espungere dall'opera di Bohr tutti i momenti che lo vedono impegnato, per un verso, a definire le condizioni generali dell'uso del linguaggio e le nuove relazioni logiche con cui procedere al superamento di riferimenti concettuali non più idonei a rappresentare l'esperienza, per l'altro, a dare risposte al problema della realtà fisica autonoma ascrivibile alle grandezze osservabili, si arriva alla seguente inevitabile conclusione. La linea di ricerca di Bohr, dopo gli iniziali successi registrati nell'analisi spettrale di alcuni elementi, si esaurì completamente sul terreno teorico con la clamorosa confutazione sperimentale della prevista violazione delle leggi di conservazione nei processi individuali (1924); quindi, se si vuole difendere la continuità di quella linea non resta che riconoscere alla interpretazione di Bohr della meccanica quantistica la peculiarità di essere una 'visione delle cose' accettabile o meno a seconda del partito filosofico nel quale si milita[3].

In realtà, tale tesi interpretativa, sotto qualunque variante si presenti, è l'approdo obbligato per tutti coloro i quali analizzino il pensiero di Bohr con una visione riduttiva del rapporto tra scienza e filosofia e scambino l'obiettivo proprio di ogni 'ricostruzione razionale' — far risaltare il carattere razionale del processo attraverso cui si sono succedute le diverse teorie — per la richiesta che l'impresa scientifica si adatti a un determinato modello di progresso scientifico. Certo, se ci chiediamo a quale astratta forma di razionalità della prassi scientifica si avvicini di più la dinamica teorica nella quale si espresse la evoluzione delle concezioni quantistiche di Bohr tra il '13 e il '27, nessun modello di comprensione di tale prassi ci sembra francamente adeguato. Al contrario, se tentiamo di andare oltre la superficie delle apparenze e rinunciamo a sacrificare la molteplice articolazione dei possibili strumenti di indagine storica in ossequio a rigide separazioni tra 'scienza' e 'metafisica', a nette contrapposizioni tra il cosiddetto 'contesto della scoperta' e il 'contesto della giustificazione', ecc.[4], scopriremo in quali forme storicamente determinate Bohr elaborò le proprie strategie originali. Esse permisero di affrontare problemi storicamente dati e di accrescere il rigore nei metodi di matematizzazione dell'esperienza. In sostanza, scopriremo che la presenza di elementi filosofici e di opzioni metodologiche — che a molti sono sembrate inquinare, da un certo punto in poi, il programma bohriano di fondazione di una coerente teoria dei processi atomici — non sono convinzioni arbitrarie circa il modo in cui devono costruirsi le teorie fisiche, né tanto meno stratagemmi *ad hoc* per mascherare le malformazioni affioranti una volta esaurita la fase progressiva del programma. Sono invece espressione di un metodo di indagine che venne calibrato sui caratteri della particolarissima situazione aperta nella scienza fisica dall'introduzione di parametri discreti nella regolazione degli scambi di energia in un sistema all'equilibrio termodinamico (Planck)[5]. Situazione particolarissima che, secondo Bohr, avrebbe comportato una revisione radicale del concetto classico di spiegazione e che non trova un equivalente sotto il profilo sia teorico, sia epistemologico nella storia della scienza dopo Galileo.

Con la formulazione dei due postulati quantistici — il sistema atomico occupa stabilmente stati corrispondenti a valori discreti dell'energia e ogni scambio di radiazione con l'esterno, accompagnato da transizioni tra stati differenti, è determinabile quantitativamente mediante una relazione nella quale compare la costante h — si era trovato un potente strumento predittivo, ma non uno schema teorico logicamente coerente; inoltre, ci si muoveva nel riferimento concettuale e categoriale della meccanica newtoniana e dell'elettromagnetismo maxwelliano pur dovendo utilizzare alcuni elementi di questo riferimento in modo non 'classico'.

Con la pubblicazione dell'edizione critica degli scritti di Bohr, ci viene offerta la possibilità di proiettare lo sforzo di approfondimento razionale del suo programma sullo sfondo di una ben ricostruibile maturazione delle idee e della ricerca di un linguaggio che rendesse fedelmente tutte le potenzialità del suo pensiero. Ciò contribuirà sicuramente a stimolare

una riconsiderazione della collocazione di Bohr nella cultura scientifica e filosofica del Novecento e aprirà nuovi terreni di confronto al dibattito epistemologico sulla dinamica dell'impresa scientifica.

III I primi quattro volumi delle opere — il secondo, che raccoglie i primi articoli sulla teoria quantistica dell'atomo di idrogeno, non è ancora disponibile — coprono quasi due decenni della produzione di Bohr: dalla tesi di dottorato all'ultima e più completa formulazione del 'principio di corrispondenza' e agli studi sulla tavola periodica degli elementi. Si possono così seguire da vicino tutte le tappe che hanno scandito gli iniziali trionfi della teoria quantistica dei sistemi atomici, non perdendo di vista strada facendo il duplice quadro di riferimento che permise a Bohr di raccogliere la sfida lanciata dal crescente numero di anomalie gravanti sulle teorie classiche. Egli ricavò da tale sfida un impulso per la *costruzione razionale* di un nuovo paradigma — nel 1927 lo espliciterà nell'affermazione che «i concetti della fisica classica sono soggetti a una fondamentale limitazione quando vengono applicati ai fenomeni atomici » e che « ogni processo atomico [possiede] una essenziale discontinuità, o piuttosto individualità, completamente estranea alle teorie classiche e simbolizzata dal quanto di azione di Planck »[6]. Tali quadri di riferimento — che i curatori delle opere hanno opportunamente tenuti distinti, per esempio dedicando due diversi volumi, il 3° e il 4°, ad articoli dello stesso periodo — riguardano rispettivamente l'approfondimento dell'analisi sulle relazioni logiche tra aspetti classici e quantistici dei fenomeni atomici, e il programma di generalizzazione della teoria quantistica fino a comprendere sistemi più complessi dell'idrogeno[7]. Su questo secondo versante, il decennio '13-'23 fu caratterizzato da una eccezionale fecondità che si spiega solo con le notevoli energie intellettuali che la critica di Bohr seppe mettere in movimento fornendo occasioni di controllo empirico delle sue predizioni e di elaborazione di nuovi metodi fisico-matematici. Nella ricerca sperimentale, le ipotesi quantistiche diedero legittimità teorica ai metodi di analisi del comportamento dinamico dei sistemi atomici che avevano ispirato esperienze decisive sull'eccitazione radiativa degli atomi nelle collisioni con gli elettroni liberi e sulla modificazione degli spettri sotto l'azione di campi elettrici e magnetici[8]. Al contrario, anche se egli poté giovarsi della esplicita collaborazione delle maggiori scuole di fisica teorica del tempo, più complessa e contrastata fu l'opera di generalizzazione delle condizioni quantistiche impiegate nella definizione degli stati stazionari, specie quando si trattava di applicarle a sistemi con una ricca configurazione elettronica o ai cosiddetti stati degeneri. Su questo terreno, la linea di attacco poteva essere costruita unicamente scegliendo di volta in volta argomenti che assicuravano la trattazione di singoli casi concreti e fornivano precise possibilità di controllo per i tradizionali criteri di descrizione. In sostanza, gli strumenti interpretativi andavano costruiti nel rispetto di vincoli indiscutibili che riguardavano, per un verso, la limitata applica-

bilità dei metodi generali della meccanica classica e dell'elettrodinamica[9], e, per l'altro, la difesa tenace di quegli aspetti delle teorie classiche che conservavano un'indubbia validità. Valga per tutti il caso dell'elettrodinamica ordinaria nello studio dei moti aperiodici delle cariche elettriche; questo argomento portava Bohr a vedere nell'ipotesi dei fotoni di Einstein un frettoloso e immotivato abbandono della descrizione spazio-temporale del campo di radiazione[10]. Fu peraltro un atteggiamento metodologico di questo tipo a provocare, dopo il 1916, la entusiastica adesione del fisico danese ai metodi di derivazione delle condizioni quantistiche dalla applicazione del 'principio di trasformabilità meccanica' a sistemi soggetti a lente modificazioni del loro stato. Infatti, grazie agli apparati analitici della dinamica hamiltoniana estesi alla trattazione della classe dei moti multiperiodici, quel metodo suggeriva la via per generalizzare le regole di quantizzazione a sistemi complessi e un conseguente ulteriore potenziamento delle capacità predittive della teoria[11].

IV Tuttavia, è piuttosto in relazione al chiarimento logico e all'approfondimento concettuale che si può ragionevolmente difendere in maniera argomentata la tesi di una radicata continuità programmatica della ricerca teorica di Bohr e suggerire ipotesi interpretativa non 'tradizionali' circa il profondo contenuto fisico e l'*autentico* significato filosofico della formulazione della meccanica quantistica nei termini del cosiddetto principio di complementarità. Si è commesso un grave errore quando si è liquidato il 'complesso di idee' riassunte in tale principio (le quali legittimano il ricorso a una immagine fisica del reale apparentemente contraddittoria[12]) giudicandole una risposta *ad hoc* ai problemi interpretativi sollevati dal formalismo di Heisenberg e di Schrödinger, oppure il frutto di una generalizzazione di carattere squisitamente filosofico-epistemologico. A tale complesso di idee Bohr pervenne senza scegliere facili scorciatoie, ma seguendo lo sviluppo teorico via via suggerito dalle acquisizioni maturate nell'esame dei problemi relativi alla radiazione e alla struttura atomica, e riconoscendo che le tradizionali forme di intuizione e di rappresentazione andavano adeguate ai nuovi livelli conoscitivi. In questa chiave sembra allora legittimo sostenere che i due principi di corrispondenza e di complementarità, spesso ritenuti semplici espedienti formali o verbali volti ad accantonare prematuramente le difficoltà, esprimono due tappe fondamentali lungo la *medesima* linea di indagine: costruire nuove forme di rappresentazione attraverso una 'generalizzazione razionale' delle idee ordinarie, il che significa: cercare di « utilizzare ogni aspetto delle teorie classiche nella *costruzione sistematica* della teoria quantistica, in una *trascrizione razionale* che tenga conto del fondamentale contrasto sussistente tra i postulati [quantistici] e le teorie classiche»[13]. Entrambi i principi presuppongono infatti un giudizio esplicito in merito alle inevitabili difficoltà nelle quali ci imbattiamo se intendiamo dare una descrizione dettagliata dei processi atomici senza abbandonare la *descrizione causale nello spazio*

e nel tempo che è caratteristica della descrizione meccanica classica della natura. Per dirla in altri termini, essi derivano dalla consapevolezza che l'individualità di ogni processo elementare e la connotazione probabilistica degli eventi di transizione portano a una fondamentale limitazione dei concetti della fisica classica quando sono applicati alla nuova situazione fisica.
Il principio di corrispondenza viene solitamente ricordato come la regola 'tecnica' di traduzione di un sistema matematico in un altro con la quale Heisenberg nel '25 riuscì a costruire il formalismo della meccanica delle matrici[14]. Esso svolse piuttosto il ruolo decisivo di guidare efficacemente la 'trascrizione razionale' del vecchio linguaggio in un contesto teorico radicalmente mutato nel quale la complementarità diventa l'*unica* relazione logica tra concetti[15] compatibile con la forma statistica di causalità. All'idea di una generale corrispondenza tra la descrizione classica e la descrizione quantistica Bohr arrivò con successive formulazioni tra il 1918 e il 1922, come estensione di una coincidenza *numerica* tra i valori delle frequenze proprie del moto dell'elettrone nell'ennesimo stato stazionario e le frequenze delle radiazioni emesse, secondo le leggi quantistiche, nelle transizioni riguardanti stati stazionari con numeri quantici elevati[16]. Una coincidenza che non attenuava, secondo Bohr, la frattura fondamentale con l'elettrodinamica classica introdotta dai postulati della teoria quantistica, in quanto il meccanismo di irraggiamento restava modulato da una serie di *atti individuali*, laddove quello classico sarebbe un processo *continuo*. Per questo, postulando che una simile corrispondenza dovesse valere, almeno approssimativamente, anche per transizioni tra stati con piccoli numeri quantici, Bohr non dava affatto per acquisito che il nuovo assetto teorico avrebbe *comunque* assicurato l'inclusione delle verità approssimate delle teorie precedenti. Non si trattava, cioè, di aderire a un precetto metodologico cui si uniformerebbe la comunità scientifica ogni qual volta si venga a trovare nel pieno di una fase di mutamento rivoluzionario. Il principio di corrispondenza è infatti in *tutto e per tutto* 'una legge della teoria quantistica', e l'abbandono di una visione 'classica' della realtà discende dalle particolarità riscontrate nella regione limite, dove — è opportuno ripeterlo — non si registra alcuna « graduale diminuzione della differenza tra la descrizione mediante la teoria quantistica dei fenomeni di radiazione e le idee della elettrodinamica classica »[17]. Il mondo macroscopico resta essenzialmente newtoniano e in quello microscopico occorre precisare entro quali condizioni parole come traiettoria, velocità, istante, ecc. servono a tradurre il risultato delle osservazioni.
Il ricorso da parte di Bohr a una relazione di corrispondenza tra forme incompatibili di descrizione potrebbe apparire come un estremo tentativo, discutibile per rigore formale e consistenza logica, di riavvicinare le concezioni quantistiche a quelle classiche del tutto strumentale al conseguimento di ulteriori successi interpretativi del materiale osservativo. Non si spiegherebbe però l'ostinazione con cui Bohr ribadiva in ogni occasione che, al livello di elaborazione cui essa era giunta, « non sembra possibile evitare il *carattere formale* della teoria quantistica », se non si comprende

che quella relazione indicava nel superamento degli ordinari metodi di descrizione un passaggio obbligato per giungere a una teoria coerente dei processi atomici. Una teoria, cioè che fosse sia in accordo con i postulati quantistici fondamentali, sia adatta a fornire rappresentazioni univoche e oggettive dei processi fisici. Qualche riserva sulla inevitabilità di una simile conclusione può essere motivata con la resistenza che egli dimostrò ad abbandonare l'idea che al fondo dei processi discontinui esistesse un 'meccanismo nascosto' rigorosamente descrivibile nello spazio e nel tempo[18]. Parlando di un ipotetico meccanismo Bohr non intendeva ricorrere a qualche congettura arbitraria per difendere dogmaticamente un'immagine acquisita della realtà fisica. In seguito alla trattazione quantistico-probabilistica dell'interazione tra radiazione e materia, il legame tra il moto delle cariche e le proprietà della radiazione non era più il legame previsto dall'elettrodinamica ordinaria[19]. In effetti, con le indicazioni ricavate dalla trattazione dei sistemi multiperiodici e dall'applicazione del principio adiabatico era ormai chiaro che la migliore approssimazione raggiungibile nella descrizione del moto degli elettroni negli stati stazionari coerente con le leggi classiche era quella che obbligava a trascurare la cosiddetta reazione alla radiazione. Ma da qui non sembrava legittimo concludere, almeno fino al 1924, che « nel problema generale della teoria quantistica, non si ha tanto a che fare con una modificazione della meccanica e dell'elettrodinamica descrivibile in termini dei concetti fisici usuali, quanto piuttosto con un sostanziale fallimento dei modelli spazio-temporali sui quali si è basata finora la descrizione dei fenomeni naturali »[20].

I postulati quantistici costituivano infatti un efficace schema interpretativo per le proprietà spettrali degli elementi, specificando una relazione matematica esistente tra le frequenze della radiazione emessa o assorbita e la differenza di energia tra stati stazionari del sistema, ma non obbligavano a fare assunzioni specifiche circa la *natura della radiazione*. All'ipotesi dei fotoni di Einstein, Bohr poteva così riconoscere un valore esclusivamente *formale* dal momento che, oltre a non recare alcun contributo alla delucidazione dei processi di interazione tra radiazione e materia, escludeva « in linea di principio la possibilità di una definizione razionale del concetto di frequenza » dell'onda elettromagnetica.

L'esigenza di salvaguardare una visione continua del campo di radiazione (in quanto da essa dipende in definitiva l'osservazione dei fenomeni ottici) e la constatazione che le transizioni quantistiche rette da leggi probabilistiche rendono vana ogni richiesta di seguire nello spazio e nel tempo l'evoluzione dei processi di emissione e di assorbimento, suggerirono a Bohr l'unica prospettiva razionale per tentare di ricomporre un quadro teorico contraddittorio. Entro quali limiti e a quali condizioni si può conciliare una descrizione ordinaria della radiazione con i postulati quantistici nell'esame dei fenomeni connessi all'interazione tra radiazione e materia? Due punti sono indiscutibili. Da una parte, la soluzione einsteniana dei quanti di luce si dimostra in armonia con la conservazione istantanea dell'energia e dell'impulso, ma non è una soluzione accettabile: essa nega

qualsiasi possibilità di descrizione spazio-temporale degli effetti di interferenza e di conseguenza toglie ogni validità al principio di sovrapposizione. Dall'altra, con il postulato sulla stabilità delle orbite atomiche si introduce, da un punto di vista classico, un « elemento di incertezza nella descrizione dello stato di moto dell'atomo » e si precisa uno dei compiti fondamentali della teoria atomica: « indagare *entro quali limiti* si possono usare le leggi elettrodinamiche per la descrizione delle particelle atomiche »[21].

Nel 1924 il vero banco di prova di questo complesso di questioni divenne l'interpretazione quantistica del fenomeno della dispersione della luce per la particolarità della situazione nella quale si manifestava, che vedeva gli atomi reagire alla radiazione « proprio come un sistema di particelle cariche classiche ». Come è noto, valendosi della collaborazione di Kramers e sviluppando una brillante intuizione del giovane fisico americano Slater, Bohr avanzò l'ipotesi degli oscillatori virtuali[22] come ulteriore articolazione del principio di corrispondenza adatta a stabilire una connessione tra processi osservabili della radiazione, da una parte, e stati stazionari e salti quantici, dall'altra. In base a tale ipotesi si riesce a descrivere il processo di dispersione trattando ciascun sistema atomico come un complesso di oscillatori armonici le cui frequenze sono esattamente uguali alle frequenze delle linee dello spettro corrispondente [quantisticamente,

$$\nu = \frac{1}{h}(E_1 - E_2)]$$

e senza che venga intaccata la discontinuità degli eventi dinamici elementari. Tuttavia, una interpretazione adeguata di questo fenomeno imponeva che la transizione non fosse più vista come la *causa* dell'emissione, che atomi distanti comunicanti attraverso un campo di radiazione virtuale compissero transizioni prive di qualsiasi nesso reciproco, e che fosse l'intensità del campo virtuale ad agire probabilisticamente sui singoli eventi di transizione[23]. Viene allora assicurata una visione continua di tipo classico dell'interazione radiazione-materia a condizione di riconoscere un carattere *virtuale* agli oscillatori e alla radiazione, com'è richiesto dal fatto che a ogni assorbimento o emissione non corrisponde alcuna *reale* variazione dell'energia e del momento. Le leggi di conservazione possono pertanto avere solo una validità macroscopico-statistica: questa fu la conseguenza che sarebbe stata falsificata in modo clamoroso dagli esperimenti di Compton e Simon e di Boethe e Geiger[24] pochi mesi dopo la pubblicazione della memoria di Bohr, Kramers e Slater.

Nonostante l'insuccesso conosciuto, l'ipotesi degli oscillatori virtuali va intesa come una tappa decisiva nella evoluzione delle concezioni quantistiche. Essa era stata un fertile terreno di verifica delle potenzialità del modello meccanico di descrizione, dal momento che aveva mostrato in modo ormai inoppugnabile l'impossibilità di giungere a una rappresentazione spazio-temporale dei processi di radiazione per i quali continuasse a valere l'ordinario concetto di causa. Con il tener ferma l'esistenza di una corrispondenza tra descrizione classica e descrizione quantistica la ricerca di Bohr sfruttava un potente principio euristico. La efficacia di tale

strumento consisteva nel riuscire contemporaneamente a difendere il punto di vista per cui l'interpretazione finale del significato fisico e della portata conoscitiva delle idee quantistiche sarebbe dipesa essenzialmente dal ruolo giocato dalla fisica classica nel nuovo contesto teorico, e a suggerire le reali possibilità di un *uso non ambiguo* dei concetti classici. Il principio di corrispondenza contribuì ad accelerare il crollo di alcuni ideali tipici della spiegazione classica, come gli ideali di causalità e di determinismo, mostrando concretamente l'impossibilità di tradurre in una immagine immediatamente comprensibile il tipo di descrizione adeguato agli oggetti del mondo microscopico. Alcune conseguenze suggerite da tale principio circa il valore della trattazione probabilistica dei processi quantistici e la inconciliabilità tra definizione di un sistema e osservazione della sua evoluzione nello spazio e nel tempo, prefigurano allora in modo abbastanza chiaro alcune delle conclusioni connesse alla interpretazione della meccanica quantistica nei termini del principio di complementarità.

Nel primo mezzo secolo di vita della meccanica quantistica le concezioni di Bohr sono state oggetto di discussioni accese e di vivaci polemiche e hanno dato luogo a nuovi campi di indagine. Fermamente osteggiata fin dall'inizio da Einstein, il quale a più riprese ne mise in risalto sia le incongruenze sia le incompletezze, l'interpretazione di Copenaghen della meccanica quantistica è tornata al centro del dibattito sui fondamenti della fisica moderna verso gli anni '50, allorché la pubblicazione di una ulteriore precisazione delle rispettive posizioni di Bohr e dello stesso Einstein riportò alla ribalta questioni mai definitivamente risolte[25]. Da allora, avversari e sostenitori della concezione della complementarità si sono suddivisi in numerose correnti ciascuna delle quali ne ha accentuato le implicazioni filosofiche, logiche e metodologiche[26].
Dalla pubblicazione delle opere di Bohr viene ora un nuovo contributo al dibattito e alla ricerca, ma viene soprattutto una lezione metodologica: la dialettica teorica e la ricerca di concezioni più idonee di altre a rappresentare l'esperienza non può in nessun caso comportare una rinuncia a collocare nella giusta prospettiva le condizioni storiche nelle quali si attua l'impresa scientifica.
Nel caso di Bohr, ciò significa iniziare con una riconsiderazione della reale evoluzione concettuale che lo condusse all'idea della complementarità. Forse allora, più che errori ed ingenuità filosofiche, nei suoi scritti troveremo un protagonista di una delle maggiori rivoluzioni scientifiche della nostra epoca. Le conoscenze del mondo microscopico lo avevano posto di fronte a nuovi aspetti di analisi e di sintesi scientifica e lo obbligavano a confrontarsi direttamente con questioni di natura schiettamente epistemologica; come disse lo stesso Bohr nel '29, quelle conoscenze avevano « scosso le basi della formazione dei concetti sui quali riposa non solo la rappresentazione classica della fisica, ma anche il nostro abituale modo di pensare »[27].

S. P.

* NIELS BOHR COLLECTED WORKS (in 8 Volumes)
North-Holland Publishing Company, Amsterdam

NIELSEN, J. R. (ed.) – EARLY WORK (1905-1911)
Vol. 1, 1972, XLVIII + 608

NIELSEN, J. R. (ed.) – THE CORRESPONDENCE PRINCIPLE (1918-1923)
Vol. 3, 1976, XII + 702 pp.

NIELSEN, J. R. (ed.) – THE PERIODIC SYSTEM (1920-1923)
Vol. 4, 1977, X + 764 pp.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Gli esponenti della scuola di fisica matematica di Göttingen giudicavano le conseguenze teoriche del modello quantistico dell'idrogeno un vero e proprio non senso. Tuttavia, la maggior parte dei fisici quantistici dichiarò ben presto la propria adesione alle idee di Bohr, in quanto non sfuggiva loro che, oltre ad essere un modo 'ingegnoso e suggestivo' di rappresentare le proprietà atomiche, esse costituivano un efficacissimo strumento di interpretazione delle leggi delle serie spettrali. Nel settembre del 1913 nel laboratorio di Rutherford, lo spettroscopista Flower confermava sperimentalmente una importante predizione della teoria di Bohr: alcune righe attribuite in precedenza allo spettro dell'idrogeno, dovevano far parte di quello dell'elio come richiesto dal fatto che i numeri n e m della formula di Rydberg possono assumere solo valori interi. Questo successo non modificò l'atteggiamento di Bohr il quale alla fine dello stesso anno avrebbe dichiarato che il suo obiettivo non era quello « di proporre una *spiegazione* delle leggi spettrali », bensì « di indicare un modo in cui sembra possibile mettere le leggi spettrali in stretta connessione con altre proprietà degli elementi che appaiono altrettanto inesplicabili sulla base delle attuali conoscenze scientifiche ». N. BOHR, *Om brintspektret*, Fys. Tidskr., *12* (1914), p. 97.

2 Per una lettura dell'opera di Bohr tendente ad accreditare la tesi che il suo contributo alla fondazione della meccanica quantistica fu di carattere essenzialmente filosofico, cfr. per esempio M. BUNGE, *Strife about Complementarity*, Brit. J. Phil. Sci., *6* (1955), pp. 1-12, 141-154. Un interessante studio volto a stabilire le complesse interazioni tra le nuove concezioni della fisica di Bohr e di Heisenberg e la tradizione filosofica occidentale è condotto da A. PETERSEN, *Quantum Physics and the Philosophical Tradition*, M.I.T. Press, Cambridge (Mass.), 1968.

3 Popper prende la interpretazione di Bohr secondo il principio di complementarità come esempio per illustrare la funzione svolta dalla concezione 'strumentalistica' della fisica nel « rendere immune la teoria da certe contraddizioni che la minacciavano ». Dopo i risultati estremamente proficui conseguiti dalla prima teoria quantistica dell'atomo di idrogeno, Bohr sarebbe ricorso alla filosofia strumentalistica « per salvare la teoria esistente; e (credo proprio per questo) il principio di complementarità è rimasto completamente sterile per il fisico. In ventisette anni non ha suscitato che poche discussioni filosofiche e alcune argomentazioni dirette a confondere i critici e soprattutto Einstein ». K. POPPER, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna, 1969, p. 175. Lakatos considera un vero atto di coraggio quello che permise a Bohr di 'innestare' il proprio programma di ricerca sull'elettrodinamica maxwelliana, e difende la razionalità dell'atteggiamento dominante nei fisici quantistici fino al 1925. Dopo questa data prevalsero, al contrario, posizioni che esaltavano « l'anarchia dei fondamenti come una virtù », e « la fisica quantistica moderna, nella 'interpretazione di Copenaghen', divenne uno dei maggiori portabandiera dell'oscurantismo filosofico. Nella *nuova* teoria il famigerato 'principio di complementarità' di Bohr tramutò l'incoerenza [debole] in una caratteristica reale finale e basilare della natura unendo il positivismo soggettivista, la dialettica antilogica e persino il linguaggio comune della filosofia in una alleanza non santa. Dopo il 1925 Bohr e i suoi soci introdussero un nuovo abbassamento, senza precedenti, degli standard critici per le teorie scientifiche ». I. LAKATOS, *La falsificazione e la metodologia dei programmi di ricerca scientifica*, in I. LAKATOS and A. MUSGRAVE (eds.), *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, p. 222.

4 Su questi temi cfr. per esempio, S. AMSTERDAMSKI, *Between Experience and Methaphysics*, Reidel, Dordrecht, 1975.

5 Con queste parole Bohr iniziava un saggio scritto nel '29 in occasione del 50° anniversario della tesi di laurea di Max Planck: « Nella storia della scienza pochi eventi hanno avuto, nel breve giro di una generazione, conseguenze così straordinarie quanto quella della scoperta di Planck del quanto elementare di azione. Tale scoperta non costituisce soltanto, e in misura sempre maggiore, la base per l'ordinamento delle nostre esperienze sui fenomeni atomici, la cui conoscenza si è prodigiosamente allargata negli ultimi trent'anni, ma ha prodotto altresì una radicale trasformazione dei fondamenti stessi della descrizione dei fenomeni naturali. Assistiamo qui a uno sviluppo ininterrotto di punti di vista e di strumenti concettuali che, iniziato con i fondamentali lavori di Planck sulla radiazione del corpo nero, ha raggiunto negli ultimi anni il suo culmine con la formulazione della meccanica quantistica simbolica ». N. BOHR, *The Quantum of Action and the Description of Nature*, in *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1961, p. 92.

6 N. BOHR, *The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory*, Nature, *121* (1928), p. 580.

7 Occorre ricordare che la teoria di Bohr era allora del tutto inadeguata a trattare sistemi dotati di

più di un elettrone orbitante e si limitava a studiare casi per i quali potevano trascurarsi gli effetti relativistici.

8 Alcuni esperimenti condotti da J. Franck e G. Hertz a partire dal 1914 fornirono la più diretta conferma della distribuzione discreta dei livelli energetici dell'atomo. Come è noto essi dimostrarono che sotto certe condizioni la perdita di energia di un elettrone nelle collisioni con gli atomi di un gas coincide con la differenza di energia tra lo stato eccitato e lo stato fondamentale e che tale energia veniva riemessa sotto forma di radiazione. Ipotizzata da Faraday verso la metà dell'Ottocento, l'influenza delle forze magnetiche sulle righe spettrali fu dimostrata nel 1896 da Zeeman il quale aveva osservato che « l'eccitazione del magnete causava un immediato allargamento delle linee ». Solo nel 1913 Stark riuscì a trovare un effetto analogo per i campi elettrostatici. La scoperta sperimentale di Stark indicava che sotto l'azione di un campo elettrico le linee della serie di Balmer si dividono e che la risoluzione delle nuove linee è proporzionale alla intensità del campo applicato. Del tutto incompatibile con i principi della fisica classica, l'effetto Stark trovò una prima spiegazione nell'ambito della teoria di Bohr.

9 Si pensi solo che i metodi generali della meccanica classica e dell'elettrodinamica non consentivano la determinazione dell'istante e della direzione di una transizione quantistica, note le condizioni iniziali del moto.

10 Con l'obiettivo di arrivare a un chiarimento del processo ancora inspiegato dell'emissione e dell'assorbimento di radiazione da parte di un sistema atomico, Einstein pubblicò nel 1917 una fondamentale memoria che avrebbe influenzato le ricerche successive dello stesso Bohr. Senza entrare nei dettagli della trattazione di Einstein, ci limitiamo a ricordare che egli era convinto di aver trovato una ulteriore conferma della concezione corpuscolare della radiazione in uno studio della interazione tra radiazione e materia che teneva fede ai postulati fondamentali della teoria di Bohr e non rinunciava alla esatta validità delle leggi di conservazione dell'energia e dell'impulso negli eventi individuali. A. EINSTEIN, *Zur Quantentheorie der Strahlung*, Phys. Z., *18* (1917), pp. 121-128. Bohr, pur sottolineando la « grande importanza » del lavoro di Einstein, giudicava immotivata ogni conclusione tendente ad accreditare la validità dell'ipotesi dei quanti di luce. Il metodo einsteniano di trattazione dei processi di emissione e di assorbimento andava considerato come una « soluzione preliminare », in quanto esso non specifica quale sia la « *causa* della produzione di un processo radiativo, ma assume semplicemente che esso viene governato da *leggi di probabilità* » e quindi si rinuncia a qualsiasi indagine sulla struttura causale delle transizioni. N. BOHR, *Ueber die Anwendung der Quantentheorie auf den Atombau*, Z. Phys., *13* (1923), pp. 117-165; (trad. ingl.): *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Structure*, Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Supplement 1, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1924, p. 21.

11 Cfr. N. BOHR, *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Structure*, cit., Cap. I: *The Stationary States*, pp. 2-19. Per una trattazione in chiave storica della evoluzione concettuale della teoria quantistica che portò alla generalizzazione delle condizioni quantistiche sulla base del principio adiabatico di Ehrenfest, cfr. M. JAMMER, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, 1966.

12 I paradossi della natura duale della radiazione e della materia derivavano, secondo Bohr da una *acritica* utilizzazione dell'immagine corpuscolare e dell'immagine ondulatoria degli oggetti fisici. In ambito quantistico, affermerà nel 1927, « non abbiamo a che fare con descrizioni contraddittorie dei fenomeni, bensì con descrizioni complementari che, considerate nel loro insieme, offrono una generalizzazione naturale del modo di descrizione classico [....]. La radiazione nello spazio vuoto e così pure le particelle materiali isolate sono astrazioni, in quanto le loro proprietà sono, per la teoria quantistica, definibili e osservabili solo attraverso la loro interazione con altri sistemi. Tuttavia queste astrazioni sono, come vedremo, indispensabili per una descrizione dell'esperienza che tenga conto della nostra concezione ordinaria dello spazio-tempo ». N. BOHR, *The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory*, cit., p. 581.

13 N. BOHR, *Atomic Theory and Mechanics*, Nature, *116* (1925), p. 849. I corsivi sono aggiunti.

14 W. HEISENBERG, *Ueber quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*, Z. Phys., *33* (1925), pp. 879-893.

15 In una relazione sugli aspetti logici di questioni fisiche Enrico Persico affermava nel 1933: « Questa particolare relazione logica è chiamata da Bohr [....] *complementarità*. Essa non va confusa con la 'contraddizione': due proposizioni sono contraddittorie quando se l'una è vera, è falsa l'altra; invece di due proposizioni complementari, se l'una è vera (o falsa), l'altra è priva di senso ». E così concludeva: « Ciò mostra quanto sia fallace trasportare nel microcosmo le nostre abituali concezioni intuitive di posizione e movimento, ossia associare alla parola 'particella' una immagine visiva presa dall'esperienza macroscopica [....] ed è in questo errore che risiede la radice della famosa paradossale antinomia tra proprietà ondulatorie e proprietà corpuscolari della luce e della materia, che ha costituito negli ultimi anni uno degli enigmi più gravi della fisica teorica ». E. PERSICO, *Aspetti logici di questioni fisiche*, Atti dell'VIII Congresso nazionale di filosofia, Roma, 1936, pp. 107-113.

16 Il significato teorico e il valore euristico del principio di corrispondenza fu discusso dai più illustri fisici dell'epoca, tra i quali Lorentz, Ehrenfest, Rutherford, Sommerfeld, Langevin, ecc. al 3° Consiglio Solvay del 1921. Bohr non era potuto intervenire personalmente e aveva inviato una relazione nella quale, illustrando il suo principio, affermava: « Siamo portati a scorgere una connessione tra il verificarsi dei vari tipi di transizione tra stati stazionari e le diverse vibrazioni componenti il moto, che a prima vista si nasconde nella regione degli stati dove gli n sono numeri piccoli, e dove è esclusa una relazione diretta tra i valori delle frequenze delle linee spettrali e le frequenze presenti nel moto dell'atomo, proprio perché i valori di queste ultime frequenze possono differire notevolmente nei diversi stati. Si può tuttavia trovare la corrispondenza in questione anche in relazione ad altre caratteristiche connesse con i processi di radiazione ». N. BOHR, *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Problems*, in *Atoms et electrons. Rapports et discussions du Conseil de physique tenu a Bruxelles du 1 au 6 avril 1921*, Paris, 1923, anche in N. BOHR, *Collected Works*, Vol. 3, p. 376.

17 N. BOHR, *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Structure*, cit., p. 23.

18 Ancora nel 1924 Bohr riconosceva che « allo stato attuale della scienza non sembra possibile evitare il carattere formale della teoria quantistica messo in luce dal fatto che l'interpretazione dei fenomeni atomici non implica una descrizione del meccanismo dei processi discontinui, designati nella teoria degli spettri come transizioni tra stati stazionari dell'atomo ». N. BOHR, H. A. KRAMERS and J. C. SLATER, *The Quantum Theory of Radiation*, Phil. Mag., *47* (1924), p. 785.

19 Come è noto, esiste una irriducibile contraddizione tra il postulato quantistico sulla stabilità degli stati stazionari e le leggi della fisica classica. In base alla elettrodinamica ordina-

ria, le particelle cariche non possono trovarsi in uno stato di equilibrio stabile all'interno dell'atomo: ogni movimento produrrebbe infatti una emissione di radiazione fino a quando tutta l'energia non sia stata emessa e gli elettroni non siano caduti sul nucleo.

20 N. BOHR, *Atomic Theory and Mechanics*, cit., p. 848.

21 N. BOHR, *Problems of the Atomic Theory*, manoscritto non pubblicato, in N. BOHR, *Collected Works*, Vol. 3, p. 573.

22 N. BOHR, H. A. KRAMERS and J. C. SLATER, *The Quantum Theory of Radiation*, cit., pp. 785-802.

23 « Per l'interazione tra atomi posti a grande distanza l'uno dall'altro, dove secondo la teoria classica della radiazione non esisterebbe alcun problema di azione reciproca simultanea, assumeremo una indipendenza dei processi individuali di transizione che entra in netto contrasto con la esigenza classica di conservazione dell'energia e del momento. Supporremo così che una transizione indotta in un atomo non sia direttamente causata da una transizione in un atomo distante che abbia la medesima differenza di energia tra lo stato stazionario iniziale e quello finale [...]. Non attribuiremo la causa dell'osservata conservazione statistica dell'energia e del momento a qualche deviazione dalla teoria elettrodinamica della luce in merito alle leggi di propagazione della radiazione nello spazio libero, ma alle peculiarità dell'interazione tra il campo virtuale di radiazione e gli atomi illuminati ». *Ibid.*, pp. 792-793.

24 W. BOTHE, H. GEIGER, *Experimentelles zur Theorie von Bohr, Kramers und Slater*, Die Naturwissenschaften, *13* (1925), pp. 440-441; W. BOTHE and H. GEIGER, *Ueber das Wesen des Comptoneffekts; ein experimenteller Beitrag zur Theorie der Strahlung*, Z. Phys., *32* (1925), pp. 639-663; A. H. COMPTON and A. W. SIMON, *Directed Quanta of Scattered X-rays*, Phys. Rev., *26* (1925), pp. 289-299.

25 P. A. SCHILPP (ed.), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, Torino, 1958.

26 Cfr. W. HEISENBERG, *The Development of the Interpretation of the Quantum Theory*, in *Niels Bohr and the Development of Physics*, Pergamon Press, 1955, pp. 12-29; M. BUNGE, *Survey of the Interpretations of Quantum Mechanics*, Am. J. Phys., *24* (1956), pp. 272-286; M. JAMMER, *The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, John Wiley & Sons, 1974.

27 N. BOHR, *The Quantum of Action and the Description of Nature*, cit., p. 101.

Niels Bohr: Atoms and Knowledge*

Towards a new way of 'thinking' of reality

SANDRO PETRUCCIOLI
Università di Pisa

I

Half a century after the birth of quantum mechanics, the first volumes of the *Collected Works* of Niels Bohr have been published in an admirably edited edition. Bohr's scientific contributions are indissolubly linked with the great advances of the 20th century in knowledge about the elementary constituents of matter. This work has not been published simply as a well-deserved tribute to a scientist who has left an indelible mark on one of the most significant paradigmatic changes in the history of science. Rather, it is intended to provide the historian of science with a useful tool to delve deeper into the history of modern physics. For methodological and epistemological thought it should provide vivid evidence of how the construction of theories follows non-linear processes in the center of which there is always « rational analysis of the laws of nature and of the unique character of the meaning they have for us » (L. Rosenfeld, *General Introduction*, Vol. 1, p. IX). In these volumes, side by side with articles that appeared in the most prestigious scientific journals of the time, we find unpublished articles, a vast correspondence and other materials that illustrate the circumstances in which a given work was undertaken, the repercussions of its publication and all other relevant details. The materials for these volumes were selected from the Niels Bohr Archive in Copenhagen and from papers collected by Thomas Kuhn in the *Sources for History of Quantum Physics Project*. The choice made by the editorial board was guided by one objective; they wanted to reconstruct Bohr's complex scientific personality throughout all his intense activity, from the years spent in the great laboratories of Cambridge and Manchester and his theoretical training to the final years of his life when he was seeking an explanation of the theoretical, logical and cultural implications of the quantum mechanics method of description and explanation that had radically transformed the 'classical' concept of science.

II

Before the age of thirty, Bohr had established himself as a physicist of exceptional talent, thanks to the quantum theory of the nuclear atom and despite the initial skepticism with which his ideas were received in official scientific circles[1]. His ideas undermined the very bases of 19th century electromagnetism. Nevertheless Bohr was able to orient his impressive creative work in atomic physics within a precisely established research program. His program had been already established in 1913 with the theoretical questions and the conceptual revision implicit in the integration of the quantum of action in the theory on the constitution of the atom. It was to culminate in 1927 with the mathematical formulation and the clarification of the importance the new mechanics

had for knowledge. It was this *programmatic continuity* that supported his approach to research. From the very start he was aware of the radical break that set 'the new ideas' against the theories of classical physics and of the purely *formal* validity of the laws of the first quantum theory on atom-radiation interaction. This theory contained all the peculiarities of the method of investigation, of the forms of reasoning, of the kind of conceptual and categorical tools and the very style used by the Danish physicist. Before remarking on the extraordinary clarity of his analysis and on his creativity, a reader of Bohr's works will be struck by the logical structure of his argument. In it, one finds a constant preoccupation in giving evidence for the existence of a particular philosophical viewpoint that lies at the basis of any 'technical' solution. He is concerned with giving an historical perspective to the contents and conceptual devices any theory specifying their limitations and their applications « to the present state of science ».

Both harsh critics and enthusiastic supporters of Bohr often found themselves to be in agreement in maintaining that he was first a philosopher and then a physicist[2]. Even if this opinion seems to spring from a compulsory separation of specialized contents of research from historical-critical thought about the characteristics of production of science and the 'logic' of its development, there is no doubt that Bohr constantly used the weapons of philosophical criticism to spread and defend the results he achieved. Furthermore, there is no doubt that his contributions to the foundation of epistemological bases of the new physics are no less relevant than the rational synthesis to which he subjected the enormous quantity of data drawn from observations on the microscopic world. However one follows a line of interpretation that tends to expunge from Bohr's work all the times when he is involved in defining the general conditions of the use of language and the new logical relationships by which to advance and to overcome any conceptual framework that is no longer suitable for representing experience, one reaches the following inevitable conclusion. After his initial success in the spectral analysis of certain elements, Bohr's line of research in the theoretical realm was completely exhausted with the loud experimental confutation of the predicted violation of the laws of conservation of individual processes (1924). Thus, if one wants to defend the continuity of that line, one must recognize in Bohr's interpretation of quantum mechanics the peculiarity that it is a 'view of things' that is more or less acceptable according to the philosophical party one supports[3].

In fact, this interpretation, under any variation, is the obligatory part of call for all those who analyze Bohr's thought with an approach that flattens the relationship between science and philosophy. It is compulsory for those who mistake the aim of 'rational reconstruction' (pointing out the rational character of the process through which the various theories succeeded each other) for the request that the scientific enterprise will adapt to a given model of scientific progress. Certainly, if we ask which abstract form of scientific procedure is closest to theoretical dynamics by which the evolution of Bohr's concepts of quantum mechanics was expressed between 1913 and 1927, no model for understanding this procedure seems adequate. On the contrary, if we try to go beyond the surface and give up sacrificing the multiple articulation of the possible instruments of historical investigation, in favor of a rigid separation between 'science' and 'metaphysics', and a complete opposition to the so-called 'context of discovery' and the 'context of the justification', etc.[4], we discover in what historically determined forms Bohr developed his own original strategies. They allowed him to face historical problems and to increase the rigor in the methods of mathematization of experience. We discover that the presence of philosophical elements and methodological options, that to many seemed impurities, in Bohr's plan for the foundation of a co-

herent theory of atomic processes, are not arbitrary convictions about the way in which physical theories should be constructed. Nor are they *ad hoc* strategies to mask the malformations that came to the fore once the progressive phase of the program was worn out. Instead, they are expressions of a method of investigation that was calibrated on the characteristics of the very special situation opened in the physical sciences by the introduction of discrete parameters in the regulation of energy exchanges in a system in thermodynamic equilibrium (Planck)[5].

It was a very special situation that, according to Bohr, would have meant a radical revision of the classical concept of explanation and that did not have an equivalent, either from a theoretical or epistemological point of view, in the history of science after Galileo.

With the formulation of the two quantum mechanics postulates (the atomic system stably occupies states corresponding to discrete values of the energy, and each exchange of radiation with the outside, accompanied by transitions between different states, is quantitatively determinable by a relation in which the constant h appears) one found a powerful tool for prediction but not a logically coherent theoretical outline. Furthermore, one used conceptual and categorical references of Newtonian mechanics and Maxwellian electromagnetism yet one still had to use certain elements of these references in a 'non-classical' way.

With the publication of the critical edition of Bohr's writings, we now have the opportunity to set his efforts towards a deeper rational understanding against a reconstructed background of the maturation of ideas and of the search for a language that would faithfully express all the potential of this thought. This will surely contribute towards stimulating a reconsideration of Bohr's position in the 20th century scientific and philosophical culture and will open new grounds for comparison in the epistemological debate on the dynamics of scientific enterprise.

III

The first four volumes of the *Collected Works* cover almost two decades of Bohr's productivity from his doctoral thesis to the last and most complete formulation of the 'correspondence principle' and the studies on the periodic table of the elements. (The second volume containing his first articles on the quantum theory of the hydrogen atom is not yet available.) Thus, one can closely follow all the stages that marked the initial triumphs of the quantum theory of atomic systems. At the same time, one does not lose sight of the double frame of reference that allowed Bohr to accept the challenge presented by the growing number of anomalies that weighed on the classical theories, and to transform the challenge into impetus for the *rational construction* of a new paradigm. He did so in 1927 with the affirmation that « the quantum theory is characterised by the acknowledgment of a fundamental limitation in the classical physical ideas when applied to atomic phenomena », and that, « any atomic process [has] « an essential discontinuity, or rather individuality completely foreign to the classical theories and symbolised by Planck's quantum of action »[6]. Appropriately, the editors have kept these frames of reference separate, devoting two different volumes (3 and 4) to articles of the same period. They respectively deal with deeper analysis of the logical relationship between classical and quantum mechanical aspects of atomic phenomena, and the program of generalization of the quantum theory including the more complex systems of hydrogen[7]. In this area, the decade 1913-1923 was characterized by exceptional productivity that can only be explained by the oustanding intellectual activity that criticism of Bohr could stimulate, providing opportunities for empirical testing of his predictions and allowing development of new physical-mathematical methods. In

experimental research, the quantum hypotheses validated the methods of analysis of the dynamic behaviour of atomic systems that had inspired decisive experiments on the radiative excitation of atoms in collisions with free electrons and on the modification of the spectra by the action of electric and magnetic fields[8]. By contrast, although he could make use of the express collaboration from the major schools of theoretical physics of the time, more complex and more conflicting was the work of generalization of quantum mechanical conditions used in the definition of stationary states, especially when it was a matter of applying them to systems with rich electron configurations or to the so-called degenerating states. In this area, the line of attack could only be constructed by choosing topics that occasionally assured the handling of individual concrete cases and provided precise possibilities of control for the traditional criteria of description. In other words, the tools for interpretation were constructed in relation to the indisputable links that, on one hand, concerned the limited applicability of general methods of classical mechanics and electrodynamics[9]; on the other hand, they concerned the tenacious defense of those aspects of classical theories that maintained undoubted validity. Take for example the case of ordinary electrodynamics, in the study of the a-periodic movement of electric charges. This topic led Bohr to see in Einstein's hypothesis of photons a hurried and unfounded abandonment of the space-time description of the field of radiation[10]. Furthermore, it was a methodological attitude of this kind that, after 1916, provoked the Danish physicist's enthusiastic adhesion to the method of derivation of the quantum mechanical conditions from the application of the 'Principle of mechanical transformability' to systems subject to slow modification of their state. In fact, thanks to the analytical apparatus of Hamiltonian dynamics extended to the treatment of the class of multiperiodic motion, that this method suggested the way towards the generalization of the rules of quantization to complex systems and a subsequent further growth or the predictive capacities of the theory[11].

IV

Nevertheless, it is more in relation to the logical clarification and deeper conceptual understanding that one can reasonably defend the thesis of an established programmatical continuity in Bohr's theoretical research and suggest 'non-traditional' interpretative hypotheses regarding the profound physical content and the *authentic* philosophical meaning of the formulation of quantum mechanics in terms of the so-called principle of complementarity. A grave error was made when the 'complex of ideas' summarized in this principle was liquidated. Those ideas that validated his recourse to a physical image of an apparently contradictory reality[12] were viewed as an *ad hoc* answer to the problems of interpretation raised by Heisenberg's and Schrödinger's formalism, or as the fruit of a generalization of an exquisitely philosophical-epistemological nature. Bohr reached this complex of ideas without choosing easy short-cuts, but rather on the one hand by following the theoretical development gradually suggested by the matured knowledge gained in the examination of problems related to radiation and atomic structure; on the other hand by recognizing that the traditional forms of intuition and representation needed to be made adequate for the new levels of knowledge. In this line, it seems valid to maintain that the two principles of correspondence and complementarity, often regarded as formal or verbal expedients for prematurely shelving the difficulties, express two fundamental stages along the *same* line of investigation: construction of new forms of representation through a 'rational generalization' of ordinary ideas, which means: trying « to utilise in the *systematic development* of the quantum theory every feature of the classical theories in a *rational transcription* appropriate to the contrast between the quantum postulates and the classical

theories »[13]. Both principles presuppose an explicit opinion about the inevitable difficulties which we face if we intend to give a detailed description of the atomic processes without abandoning the *causal description in space and time* that is characteristic of the classical mechanical description of nature. In other words, these principles derive from the knowledge that the individuality of every elementary process and the probabilistic connotation of the transition events leads to a fundamental limitation of the concepts of classical physics when they are applied to the new physical situation.

The correspondence principle is usually cited as the 'technical' rule for translation from one mathematical system to another, used by Heisenberg, in 1925, to construct the formalism of matrix mechanics[14]. Instead, it had a decisive role in effectively guiding the 'rational transcription' of the old language into a radically changed theoretical context in which complementarity becomes the *only* logical relationship between concepts[15] that is compatible with the statistical form of causality. Between 1918 and 1922 Bohr achieved the idea of a general correspondence between classical description and quantum mechanical description. It came as an extension of a *numerical* coincidence between the values of the frequencies of the electron motion in the nth stationary state and the frequencies of the radiations emitted, according to laws of quantum mechanics, in the transitions concerning stationary states with high quantum numbers[16]. According to Bohr, it was a coincidence that did not attenuate the fundamental break with classical electrodynamics introduced by the postulates of quantum theory in that the mechanism of radiation was modulated by a series of *individual acts*, whereas the classical mechanism would be a *continuous* process. Because of this, in postulating that such a correspondence would be at least approsimately valid for transitions between states with low quantum numbers, Bohr did not consider it established that the new theoretical asset would have *in any case* assured the inclusion of the approximated truths of previous theories. It was not a matter of adhering to a methodological precept to which the scientific community would unite each time it was in the middle of a phase of revolutionary change. The correspondence principle is in fact *entirely* a 'law of quantum theory' and the abandonment of the 'classical' view of reality comes from the peculiarities encountered in the limiting region, where (it is worth repeating) one does not register any « gradual diminution of the difference between the description by the quantum theory of the phenomena of radiation and the ideas of classical electrodynamics »[17]. The macroscopic world remains essentially Newtonian and in the microscopic world one must delineate within what conditions words like trajectory, velocity, instant, etc., serve to translate the results of observations.

Bohr's recourse to a correspondence relation between incompatible forms of description might appear to be an extreme attempt (subject to discussion for its formal rigor and logical consistency) to bring quantum mechanical concepts closer to classical ones – an entirely instrumental approach resulting from the attainment of further interpretative successes. But this would not explain the obstinacy with which, at every opportunity, Bohr confirmed that on the level of development achieved, « it does not seem possible to avoid the *formal character* of the quantum theory », if one does not understand that, in overcoming ordinary methods of description, that relation marked a compulsory stage toward achieving a coherent theory of atomic processes that would both agree with fundamental quantum mechanics postulates and would also be suited for providing united and objective representations of physical processes. Some reservations on the inevitability of such a conclusion can be motivated by the resistance that he showed toward abandoning the idea that at the basis of discontinuous processes there was a 'hidden mechanism' that was rigorously describable in space and time[18]. In speaking of a hypothetical mechanism, Bohr did not intend to resort to an arbitrary conjecture in order to dogmatically

defend an image he had attained about physical reality. After the quantum mechanical-probabilistic treatment of the interaction between radiation and matter, the link between the movement of electrons and the properties of radiation was no longer the link predicted by the ordinary electrodynamics[19]. In fact, with the indications drawn from the treatment of multiperiodic systems and from the application of the adiabatic principle, it was now clear that the best attainable approximation in the description of the movement of electrons in stationary states coherent with classical laws was one that required the abandonment of the so-called reaction to radiation. But from this it did not seem valid to conclude, at least until 1924, that « in the general problem of the quantum theory, one is faced not with a modification of the mechanical and electrodynamical theories descrivable in terms of the usual physical concepts, but with an essential failure of the pictures in space and time on which the description of natural phenomena has hitherto been based »[20].

The postulates of quantum mechanics in fact were an effective outline for interpreting spectral properties of elements, specifying a mathematical relationship between the frequencies of emitted and absorbed radiation and the energy difference between stationary states in the system, but they did not oblige one to make specific assumptions on the nature of radiation. Bohr could recognize a strictly *formal* value in Einstein's hypothesis on photons once this excluded « in principle the possibility of a rational definition of the conception of frequency » of the electromagnetic waves. In addition this hypothesis did not give any contribution to the elucidation of the processes of interaction between radiation and matter. Two factors suggested to Bohr the only rational prospects for trying to reconstruct a contradictory theoretical picture: first, the need to safeguard a continuous view of the field of radiation, (in that the observation of optical phenomena depends on this view) and second, the statement that quantum transitions supported by laws of probability make vain any demand to follow the evolution of processes of emission and absorption in space and time. Within what limits and under what conditions can one reconcile a classical description of radiation with the quantum postulates in the examination of phenomena connected with the interaction between radiation and matter? Two points are indisputable. On one hand, Einstein's solution of quanta of light proves to be in harmony with the instantaneous conservation of energy and momentum, but it is not an acceptable solution. It denies all possibility of a space-time description of the interference effects and as a result removes all validity of the principle of superposition. On the other hand, with the postulate on the stability of atomic orbits one introduces, from the classical standpoint, « an element of uncertainty in the description of the state of motion of the atom », and one identifies one of the fundamental tasks of the atomic theory: « to investigate to what extent the electrodynamical laws can be used for the description of atomic particles »[21].

In 1924, the real test of this set of questions was the quantum mechanical interpretation of the phenomenon of the scattering of light because of the particular character of the situation in which it manifested itself, which showed the atoms reacting to radiation « just a system of electrified particles in the classical theory ». As we know, using Kramers' collaboration and developing a brilliant idea of the young American physicist, Slater, Bohr proposed the hypothesis of virtual oscillators[22] as further articulation of the correspondence principle, adapted to establish a connection between observable processes of radiation, on one hand, and stationary states and quantum jumps on the other. On the basis of this hypothesis one can describe the process of scattering by treating each atomic system as a complex of harmonic oscillators whose frequencies are exactly equal to the frequencies of the corresponding spectral lines [in terms of quantum mechanics, $\nu = \frac{1}{h}(E_1 - E_2)$]

without affecting the discontinuity of the elementary events. Nevertheless, an adequate interpretation of the phenomena demanded that the transition should not be seen as the *cause* of the emission, that distant atoms communicating through a field of virtual radiation should carry out transitions without any reciprocal connection, and that it was the intensity of the virtual field that acted probabilistically on single events of transition[23].

This assures a continuous view, of a classical kind, of the radiation-matter interaction on condition that one recognizes a *virtual* character in the oscillators and radiation, as is required by the fact that each absorption or emission does not correspond to any *real* variation in the energy momentum.

The laws of conservation nevertheless can only have one macroscopic-statistical validity: this was the consequence that would be loudly falsified by the experiments of Compton and Simon and by Boethe and Geiger[24] a few months after the publication of the paper of Bohr, Kramers and Slater. Despite its known failure, the hypothesis of virtual oscillators should be seen as a decisive steep in the evolution of concepts of quantum mechanics. It was fertile terrain for testing the explanatory power of the mechanical model of description, from the time that it indisputably showed the impossibility of achieving a space-time representation of the processes of radiation for which the ordinary concept of cause was valid. In upholding the existence of a correspondence between classical description and quantum mechanical description, Bohr's research was taking advantage of a powerful heuristic principle. The efficacy of this tool was that it could simultaneously defend the viewpoint by which the final interpretation of the physical significance and the importance of the quantum ideas would essentially depend on the role played by classical physics in the new theoretical context, and it would suggest the real possibilities of a *non-ambiguous use* of classical concepts.

The correspondence principle contributed to accelerating the downfall of some ideals that were typical of classical explanations such as the ideals of causality and determinism, showing concretely the impossibility of translating the kind of description suitable to objects in the microscopic world into an immediately comprehensible picture. Some consequences suggested by this principle, regarding the value of the probabilistic treatment of quantum mechanical processes and the impossibility of reconciling the definition of a system and the observation of its evolution in space and time, clearly prefigure some of the conclusions connected with the interpretation of quantum mechanics in terms of the principle of complementarity.

In the first half century of the life of quantum mechanics Bohr's conceptions were the object of fierce discussion and lively polemics and brought about new fields of research. From the start, Bohr's interpretation was firmly opposed by Einstein, who on more than one occasion pointed out both logical inconsistencies and incompleteness. Around the 1950's the Copenhagen interpretation of quantum mechanics returned to the center of the debate on the foundations of modern physics. At that time, the publication of a further clarification of Bohr's and Einstein's respective positions brought to light questions that were never definitively solved[25]. Since then, adversaries and supporters of the concept of complementarity have become subdivided into numerous trends, each stressing philosophical, logical and methodological implications[26].

The publication of Bohr's works brings a new contribution to the debate and to the research, but above all it brings a methodological lesson: theoretical dialectic and research into concepts that are more suitable than others for representing experience must never imply giving up the placement, in correct perspective, of the historical conditions in which scientific enterprise occurs. In Bohr's case, this means we must begin with a reconsideration of the real conceptual evolution that led him to the idea of complementarity. Perhaps then, instead of find-

ing errors and philosophical *naïveté*, we will find in his writing a protagonist of one of the major scientific revolutions of our era. Knowledge of the microscopic world had made him face new aspects of scientific analysis and synthesis, and obliged him to directly face questions of a purely epistemological nature. As Bohr himself said in 1929, that knowledge « has shaken the foundations underlying the building up of concepts, on which not only the classical description of physics rests but also all our ordinary mode of thinking »[27].

C. P.

Translation: F. SEGRÈ WALSBY-GWYNEED (WALLS)

* NIELS BOHR COLLECTED WORKS (in 8 Volumes)
North-Holland Publishing Company, Amsterdam

NIELSEN J. R. (ed.) – EARLY WORK (1905-1911)
Vol. 1, 1972, XLVIII + 608 pp.

NIELSEN, J. R. (ed.) – THE CORRESPONDENCE PRINCIPLE (1918-1923)
Vol. 3, 1976, XII + 702 pp.

NIELSEN, J. R. (ed.) – THE PERIODIC SYSTEM (1920-1923)
Vol. 4, 1977, X + 764 pp.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 The exponents of the school of mathematical physics of Göttingen considered the theoretical consequences of the quantum mechanical model of hydrogen as real nonsense. Nevertheless, the majority of quantum physicists soon declared their adherence to Bohr's ideas when the scientists recognized that in addition to being an 'ingenious and interesting' way of representing atomic properties, the ideas were a very effective tool for interpreting the laws of spectral series. In September 1913 in Rutherford's laboratory, the spectroscopist Flower confirmed experimentally an important prediction of Bohr's theory; certain lines previously attributed to the hydrogen spectrum were part of the helium spectrum as required by the fact that the numbers n and m in Rydberg's formula can only have whole values. This success did not modify Bohr's attitude. At the end of the same year, he declared that his goal was not to « propose an *explanation* of the spectral laws », but rather to « indicate a way by which it is possible to put the spectral laws in close connection with other properties of the elements that appear equally inexplicable on the basis of present scientific knowledge ». N. BOHR, *Om brintspektret*, *12* (1914), p. 97.

2 For a reading of Bohr's work that supports the thesis that his contribution to the foundation of quantum mechanics was essentially of a philosophical nature, see, for example, M. BUNGE, *Strife about Complementarity*, Brit. J. Phil. Sci., *6* (1955), pp. 1-12, 141-154. An interesting study aimed at establishing the complex interactions between the new concepts of physics of Bohr and Heisenberg and Western philosophical tradition has been done by A. PETERSEN, *Quantum Physics and the Philosophical Tradition*, M.I.T. Press, Cambridge (Mass.), 1968.

3 Popper takes Bohr's interpretation following the principle of complementarity as an example to illustrate the function provided by the 'instrumentalist' conception of physics in « making the theory immune from certain contradictions that threatened it ». After the extremely prolific results from the first quantum theory of the hydrogen atom, Bohr resorted to instrumentalist philosophy to « rescue the existing theory; and the principle of complementarity has (I believe for this reason) remained completely sterile within physics. In twenty-seven years it has produced nothing except a few philosophical discussions, and some arguments for the confounding of critics (especially Einstein) ». K. POPPER, *Conjectures and Refutations*, Routlege and Kegan-Paul, London, 1969, p. 101. What allowed Bohr to 'graft' his own program of research on to Maxwellian electrodynamics is considered by Lakatos as a true act of courage. Lakatos defends the rationality of the dominant attitude of quantum physicists up to 1925. After that date, by contrast, the prevailing positions praised «anarchy in the foundations as a virtue », and « modern quantum physics, in its 'Copenhagen interpretation', became one of the main standard bearers of philosophical obscurantism. In the *new* theory Bohr's notorious 'complementarity principle' enthroned [weak] inconsistency as a basic factual final feature of nature, and merged subjectivist positivism and antilogical dialectic and even ordinary language philosophy into one unholy alliance. After 1925 Bohr and his associates introduced a new and unprecedented lowering of critical standards for scientific theories ». I. LAKATOS, *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*, in I. LAKATOS and A. MUSGRAVE (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univ. Press., Cambridge, 1970, p. 145.

4 On these themes, see, for example, S. AMSTERDAMSKI, *Between Experience and Metaphysics*, Reidel, Dordrecht, 1975.

5 In 1929, on the occasion of the 50th anniversary

of Max Planck's doctoral thesis, Bohr began an essay with the following words: « In the history of science there are few events which, in the brief span of a generation, have had such extraordinary consequences as Planck's discovery of the elementary quantum of action. Not only does this discovery, to an ever increasing degree, form the background for the ordering of our experience concerning atomic phenomena, the knowledge of which has been so amazingly extended in the last thirty years, but, at the same time, it has brought about a complete revision of the foundations underlying our description of natural phenomena. We are dealing here with an unbroken development of points of view and conceptual aids which, beginning with the fundamental works of Planck on black body radiation, has reached a temporary climax, in recent years, in the formulation of a symbolic quantum mechanics ». N. BOHR, *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1961, p. 92.

6 N. BOHR, *The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory*, Nature, *121* (1928), p. 580.

7 One should recall that at that time Bohr's theory was entirely inadequate for handling systems with more than one orbiting electron and was limited to the study of cases in which relativistic effects could be neglected.

8 Certain experiments carried out by J. Franck and G. Hertz starting in 1914, provided the most direct confirmation of the discrete distribution of the energy levels of the atom. As we know, they demonstrated that under certain conditions, the loss of energy of one electron from collisions with atoms of a gas coincides with the difference of energy between the excited state and the fundamental state, and that this energy was re-emitted in the form of radiation. Hyposthesized by Faraday towards the mid-nineteenth century, the influence of magnetic forces on spectral lines was demonstrated in 1896 by Zeeman who had observed that « the excitation of the magnet caused an immediate widening of the lines». Only in 1913 did Stark succeed in finding the analogous effect for electrostatic fields. Stark's experimental discovery indicated that under the action of an electric field, the lines of the Balmer serie are divided and that the resolution of the new lines is proportional to the intensity of the field applied. The Stark effect, entirely incompatible with the principles of classical physics, found an initial explanation of Bohr's theory.

9 Consider that the general methods of classical mechanics and electrodynamics did not allow the determination of the moment and the direction of a quantum mechanical transition, given the initial conditions of motion.

10 In 1917, with the aim of clarifying the still unexplained process of emission and absorption of radiation by an atomic system, Einstein published a fundamental paper that was to influence Bohr's subsequent research. Without going into detail, we will simply recall that Einstein was convinced that he found a further confirmation of the corpuscular concept of radiation in a study of the interaction between radiation and matter which supported the fundamental postulates of Bohr's theory and did not abandon the exact validity of the laws of conservation of energy and momentum in individual events. A. EINSTEIN, *Zur Quantentheorie der Strahlung*, Phys. Z., *18*, (1917), pp. 121-128. Though he stressed the « great importance » of Einstein's work, Bohr considered any conclusion that tended to credit the validity of the hypothesis of light quanta as unfounded. The Einstein method of treatment of emission and absorption processes was considered to be a « preliminary solution » in that it did not specify what was the « *cause* for the occurrence of radiative processes, but we simply assume that they are governed by *the laws of probability* », and thus one abandons any investigation into the causal nature of the transitions. N. BOHR, *Ueber die Anwendung der Quantentheorie auf den Atombau*, Z. Phys., *13*, (1923), pp. 117-165 (Eng. trans.) *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Structure*, Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Supplement 1, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1924, p. 21.

11 See N. BOHR, *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Structure*, cit., Chapter I: *The Stationary States*, pp. 2-19. For an analysis, in an historical vein, of the conceptual evolution of the quantum theory that led to the generalization of quantum conditions on the basis of Ehrenfest's adiabiatic principle, see M. JAMMER, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, 1966.

12 According to Bohr, the paradoxes of the dual nature of radiation and matter derived from an *acritical* use of the corpuscular wave image of physical objects. In the context of quantum mechanics, he affirmed in 1927, « we are not dealing with contradictory but with complementary pictures of the phenomena, which only together offer a natural generalisation of the classical mode of description [. . . .]. Radiation in free space as well as isolated material particles are abstractions, their properties on the quantum theory being definable and observable only through their interaction with other systems. Nevertheless, these abstractions are, as we shall see, indispensable for a description of experience in connexion with our ordinary space-time view ». N. BOHR, *The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory*, cit., p. 581.

13 N. BOHR, *Atomic Theory and Mechanics*, Nature, *116* (1925), p. 849. The italics have been added.

14 W. HEISENBERG, *Ueber quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*, Z. Phys., *33* (1925), pp. 879-93.

15 In a report on the logical aspects of questions in physics, Enrico Persico affirmed in 1933: « Bohr calls this particular logical relation [. . .] *complementarity*. It should not be confused with the ' contradiction ': two propositions are contradictory when if one is true, the other is false; instead of two complementary propositions, if one is true (or false), the other lacks sense ». And he concluded: « This shows what a falacy it is to transport to the microcosm our normal intuitive concepts of position and movement, or to associate the word ' particle ' with a visual image taken from macroscopic experience [. . . .] and in this error lies the root of the famous paradoxical antinomy between wave and corpuscular properties of light and matter that was in recent years one of the most serious enigmas of theoretical physics ». E. PERSICO, *Aspetti logici di questioni fisiche* (Logical aspects of questions in physics), Atti dell'VIII° Congresso nazionale di filosofia, Roma, 1936, pp. 107-113.

16 At the Third Solvay Conference in 1921, the theoretical meaning and the heuristic value of the correspondence principle was discussed by the most illustrious physicists of the period including Lorentz, Ehrenfest, Rutherford, Sommerfeld, Langevin, etc.. Bohr was unable to attend in person and had sent a report in which, illustrating his principle, he stated: « We are led to perceive a connection between the appearance of the various types of transition between stationary states and the various constituent vibrations of the motion, which hides itself at first sight in the region of states where n's are small numbers, and where a direct relation between the values of the frequencies of the spectral lines and the frequencies occurring in the motion of the atom is excluded already thereby that the values of the latter frequencies may be quite different in the different states. It is possible, however, to trace the correspondence in question

also as regards other features connected with the radiation process ». N. BOHR, *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Problems*, in: *Atomes et electrons. Rapports et discussions du Conseil de physique tenu a Bruxelles du 1 au 6 avril 1921*, Paris, 1923, also in N. BOHR, *Collected Works*, Vol. 3, p. 376.

17 N. BOHR, *On the Application of the Quantum Theory to Atomic Structure*, cit., p. 23.

18 Still in 1924 Bohr recognized that, « At the present state of science it does not seem possible to avoid the formal character of the quantum theory which is shown by the fact that the interpretation of atomic phenomena does not involve a description of the mechanism of the discontinuous process, which in the quantum theory of spectra are designated as transitions between stationary states of the atom ». N. BOHR, H. A. KRAMERS and J. C. SLATER, *The Quantum Theory of Radiation*, Phil. Mag., *47* (1924), p. 785.

19 As we know, there exists an irreducible contradiction between the quantum postulate on the stability of stationary states and the laws of classical physics. On the basis of ordinary electrodynamics, charged particles cannot be found in a state of stable equilibrium within the atom: each movement would in fact produce an emission of radiation until all the energy was emitted and the electrons fell on the nucleus.

20 N. BOHR, *Atomic Theory and Mechanics*, cit., p. 848.

21 N. BOHR, *Problems of the Atomic Theory*, unpublished manuscript, in N. BOHR, *Collected Works*, Vol. 3, p. 573.

22 N. BOHR, H. A. KRAMERS and J. C. SLATER, *The Quantum Theory of Radiation*, cit., pp. 785-802.

23 « By interaction between atoms at greater distances from each other, where according to the classical theory of radiation there would be no question of simultaneous mutual action, we shall assume an independence of the individual transition processes, which stands in striking contrast to the classical claim of conservation of energy and momentum. Thus we assume that an induced transition in an atom is not directly caused by a transition in a distant atom for which the energy difference between the initial and the final stationary state is the same [...]. The cause of the observed statistical conservation of energy and momentum we shall not seek in any departure from the electrodynamic theory of light as regards the laws of propagation of radiation in free space, but in the peculiarities of the interaction between the virtual field of radiation and the illuminated atoms ». *Ibid.*, pp. 792-3.

24 W. BOTHE and H. GEIGER, *Experimentelles zur Theorie von Bohr, Kramers und Slater*, Die Naturwissenschaften, *13* (1925), pp. 440-441; W. BOTHE and H. GEIGER, *Ueber das Wesen des Comptoneffekts; ein experimenteller Beitrag zur Theorie der Strahlung*, Z. Phys., *32* (1925), pp. 639-663; A. H. COMPTON and A. W. SIMON, *Directed Quanta of Scattered X-Rays*, Phys. Rev., *26* (1925), pp. 289-299.

25 P. A. SCHILPP (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Library of Living Philosophers, Harper & Row, New York, 1959.

26 Cf. W. HEISENBERG, *The Development of the Interpretation of the Quantum Theory*, in W. PAULI (ed.), *Niels Bohr and the Development of Physics*, Pergamon Press, 1956, pp. 12-29; M. BUNGE, *Survey of the Interpretations of Quantum Mechanics*, Am. J. Phys, *24* (1956), pp. 272-286; M. JAMMER, *The Philosophy of Quantum Mechanics, The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, John Wiley & Sons, 1974.

27 N. BOHR, *The Quantum of Action and the Description of Nature*, cit., p. 101.

Ristrutturazione delle scienze sociali? *

CRISTINA BICCHIERI
Università di Milano

Una delle conseguenze della protesta politica degli anni '60 è consistita in una serie di critiche ed attacchi diretti alle scienze sociali ed ai loro fondamenti: è stata messa in discussione la loro capacità di comprendere la realtà, per non dire la possibilità di contribuire a cambiarla.
Le scienze sociali sono in crisi, ed un'enorme quantità di tesi, opuscoli, articoli e libri ha invaso il mercato, allo scopo di spiegare *perché*, e soprattutto *come* devono essere strutturate teorie sociali, politiche o economiche che vogliano essere alternative. Molte di queste analisi si sono centrate sul *metodo* delle scienze sociali, essendo questo un punto nodale nel dibattito sugli *scopi* di tali scienze, sul loro rapporto con la pratica, e infine sul loro stesso status in quanto 'scienze'.
Due sono, a mio avviso, i modi in cui è possibile condurre un'analisi del metodo delle scienze sociali: possiamo studiare alcune teorie nella loro specificità, analizzandone la struttura logica, il modo in cui delimitano il proprio oggetto e costruiscono concetti e categorie che lo descrivano, i rapporti strutturali tra tali concetti e i principi di coerenza interna. È però anche possibile esaminare ciò che gli stessi scienziati pensano delle proprie discipline, la comprensione che ne hanno, il loro uso della metodologia non solo a scopo di difesa delle teorie esistenti, ma nella *costruzione* stessa di tali teorie. Il Bernstein si avvicina di più a questa seconda posizione, quando afferma di voler mostrare come gli scienziati sociali comprendono le proprie discipline. E tutto il libro si svolge attorno ad una descrizione, peraltro accurata, degli orientamenti contemporanei che hanno sfidato la pretesa dell'approccio naturalistico. Lo scopo del lavoro, però, vuole essere una 'ristrutturazione' delle scienze sociali, vuol'essere la proposta di un nuovo metodo, che renda le teorie politiche e sociali «empiriche, interpretative e critiche». È lecito chiedersi se tale scopo è raggiunto.
A tale proposito, voglio focalizzare alcuni punti che mi sembrano centrali, a rischio di sorvolare su argomenti importanti che pure sono presenti nel libro, ma è un rischio che si corre sempre, quando vogliamo dare una specifica chiave di lettura.

(*A*) Al Bernstein interessa soprattutto chiarire il rapporto teoria/prassi, il distacco e la distanza fra queste due dimensioni; il luogo specifico in

cui sceglie di condurre tale analisi è l'insieme delle diverse *immagini* delle scienze sociali, così come sono state elaborate dagli stessi teorici nel momento in cui si sono concentrati sull'aspetto fondazionale delle loro discipline.
Ora, uno degli aspetti più rilevanti di quell'insieme di regole (e norme) per fare scienza che va sotto il nome di Positivismo, è la separazione fra teoria e metodo. Poiché la struttura della teoria ed il metodo sono stati resi indipendenti, la forma metodologica della scienza è separata dal suo contenuto teoretico, ed i criteri di valutazione e razionalità appartengono al metodo.
Questo permette la separazione fra componenti empiriche e valutative all'interno di una stessa scienza. Dicotomia forse più nota sotto l'etichetta 'la scienza è neutrale rispetto ai valori'. Se è vero che dobbiamo scoprire la connessione fra base fattuale e momento valutativo, e che tale legame va ricercato nella struttura concettuale di una teoria, è anche vero che non basta analizzare quest'ultima, ma è necessario connettere questa struttura alla metodologia che la sottende e all'uso esplicito che di questa metodologia vien fatto; non solo, come ho sopra detto, in termini *giustificativi*, come difesa di una particolare teoria da attacchi esterni, ma soprattutto in termini *costruttivi*. Rompere la dicotomia teoria/metodologia significa appunto cominciare a considerare i dibattiti metodologici come *parte integrante* di quella unità discorsiva che chiamiamo 'teoria', indispensabili a tale discorso come lo è ogni teoria della conoscenza che sottende la costruzione di una specifica scienza. Limitarsi, come fa Bernstein, ad un resoconto delle varie posizioni epistemologiche non mette quindi in discussione il loro legame con teorie specifiche, né la loro funzione in quanto metodologie.

(*B*) Poiché lo scopo comune degli orientamenti contemporanei esposti dall'autore è una critica al naturalismo metodologico, è necessario riconsiderarne alcuni aspetti, e soprattutto la sua dipendenza dal Positivismo. Il termine soffre di una certa vaghezza semantica, in quanto negli ultimi due secoli un certo numero di pensatori si è chiamato, o è stato identificato, come 'positivista', benché le rispettive posizioni differiscano, spesso in modo notevole. Comte non è Mill, ed entrambi hanno poco a che vedere con il Circolo di Vienna. Mi pare comunque possibile rintracciare alcuni tratti comuni, che ritroviamo presenti anche nelle più recenti forme di positivismo:
a) una teoria della conoscenza empirista;
b) l'identificazione della conoscenza con le scienze empiriche e la matematica;
c) l'unità del Metodo;
d) la neutralità della scienza rispetto ai valori.
È dall'unità del Metodo che deriva ciò che chiamiamo 'naturalismo' metodologico, l'idea che le scienze naturali e sociali condividano, o almeno debbano farlo in prospettiva, lo stesso metodo e gli scopi; tale progetto

non va però confuso con una sua primitiva formulazione in chiave riduzionista, comune ai programmi fenomenista e fisicalista, in cui si prospettava una riduzione *oggettuale*, dove l'ideale platonico di 'oggetto scientifico' era costituito dall'oggetto così come viene strutturato nelle scienze fisiche.

È piuttosto il frutto di un empirismo condotto agli estremi, che vede esemplificato nelle scienze sociali un tipo di conoscenza la cui natura differisce profondamente da quella delle scienze naturali, una conoscenza che non si struttura secondo leggi universali, ma può soltanto collezionare regolarità descrittive, generalizzazioni statistiche. Questo dipende, si sostiene, in parte dalla complessità degli oggetti sociali (che comporta una descrizione in termini di interazioni fra elementi, più che non la possibilità di rintracciare processi causali), ma anche dalla continua interazione fra la società come oggetto di studio ed il 'sociale' come dimensione al cui interno si compie tale analisi, e da cui non possiamo prescindere.

Questa posizione ha indotto gli scienziati sociali ad occuparsi più di definire le proprie discipline secondo una metodologia autoritaria (e soprattutto elaborata altrove) e quindi a porsi domande sul livello di 'maturità' raggiunto e come misurarlo, che ad elaborare norme scientifiche alternative.

Mi pare che il Bernstein, nella sua esposizione del naturalismo metodologico, sottovaluti il fatto che questo atteggiamento di 'sudditanza' nei confronti delle scienze naturali è ben poco mutato, nonostante le critiche 'rivoluzionarie' avanzate recentemente al modello classico di scienza. Tali critiche contestano proprio l'immagine del metodo scientifico così com'è proposta dal modello ipotetico-deduttivo: tale modello, infatti, considera le teorie nella loro unicità; ne analizza la struttura logica, per cui da una serie di ipotesi più regole di corrispondenza si deducono leggi sperimentali che saranno controllate in casi particolari. Ciò che conta, in tale modello, non è certo la funzione *descrittiva:* si ammette facilmente che, in pratica, non esistono teorie formulate in termini canonici. Ciò a cui mira è l'esplicazione e la ricostruzione *razionale* delle teorie scientifiche: non importa come storicamente queste ultime sono state costruite, ciò che conta è che, in linea di principio, ogni teoria scientifica possa essere riformulata in termini canonici. La funzione di tale modello è quindi puramente normativa ed è chiaro come al suo interno la nozione di *teoria* abbia il primato logico.

L'alternativa 'rivoluzionaria' obbietta che, per comprendere una teoria, è necessario analizzarne la dinamica dello sviluppo, oltre che chiarire i criteri per cui la teoria può venire accettata o rigettata. Ci si occuperà dei *fattori epistemici* che governano la scoperta, lo sviluppo, l'accettazione delle teorie scientifiche. Si ha la coscienza che ogni discorso scientifico è prodotto all'interno di una prospettiva concettuale che determina quali problemi vale la pena investigare e quali risposte sono accettabili. L'attenzione si rivolge dunque alla storia della scienza, ai fattori sociologici che influenzano la nascita e lo sviluppo di determinate immagini del mondo. Il fuoco non è più la scienza in sé, ma i vari modi di perseguirla.

Già in Kuhn troviamo, rispetto a questi modi, l'adozione di quello che chiamerei un Principio di non-privilegio: è sbagliato considerare la scienza attuale come scienza normale, relegando vecchie concezioni scientifiche al rango di miti. Si deve allora ammettere che i miti sono generati con gli stessi metodi e creduti per le stesse ragioni che oggi portano alle conoscenze scientifiche. Un'altra possibilità è considerare tali concezioni superate come scienza: allora si deve ammettere che esistono scienze contenenti credenze incompatibili con quelle contemporanee, ed è questa l'alternativa per cui opterà lo storico. La nostra scienza non è privilegiata. Diventa chiaro a questo punto che la filosofia della scienza, o piuttosto il suo ruolo storicamente svolto di 'metateoria' della scienza, perde ogni significato. E la possiamo recuperare solo enucleando le *differenti epistemologie* che sottendono i diversi progetti scientifici o disciplinari.
Che ruolo può svolgere tale svolta, nei confronti delle scienze sociali? Il concetto kuhniano di paradigma, ma soprattutto la sua idea dei 'valori condivisi', che sta alla base della scelta operata dalla comunità scientifica in favore di una particolare teoria, non offrono più la possibilità di demarcare fra comunità scientifiche e altri tipi di comunità. Tra l'altro, fanno parte di questi 'valori condivisi' anche i criteri di scelta e valutazione propri alla filosofia della scienza: accuratezza, semplicità, fecondità di una teoria. Svolgono, infatti, il ruolo di valori e di per sé non costituiscono ragioni sufficienti per compiere scelte teoriche. Ciò che distingue scienze naturali e sociali *non è* l'accettazione di uno specifico paradigma da parte di una comunità scientifica. Di fatto sia la scienza che le 'scuole' sono caratterizzate dalla esistenza di un consenso più o meno generalizzato sul 'che fare': ciò che li distingue è il *tipo* di consenso. Non pare che la novità di questa posizione sia stata compresa dagli scienziati sociali, che si sono in questi ultimi anni accaniti a misurare il successo o la maturità delle proprie discipline in base all'estensione con cui hanno raggiunto la cosiddetta 'fase paradigmatica', caratteristica delle scienze naturali, mostrandosi così poco ricettivi al cambiamento qualitativo che tali critiche hanno imposto al Positivismo. Usare, in luogo di criteri empirici come la giustificazione o il falsificazionismo, criteri storici come l'uso dei paradigmi per stabilire il momento in cui le scienze sociali sono passate dai secoli bui alla maturità, non ci fa certo uscire dalla prospettiva di una sterile unificazione metodologica. La proposta di Kuhn, al contrario, si può leggere in chiave di *liberalizzazione* metodologica: le varie scienze elaborano diverse regole di accettazione, diversi valori e tipi di consenso, che hanno le loro radici sia nella specificità degli oggetti e fenomeni studiati, che nel modo in cui *storicamente* tali scienze si sono costituite.

(*C*) In ogni alternativa proposta all'immagine empirista delle scienze sociali, Bernstein vuole mostrare le prospettive interne di sviluppo, e quella che chiama 'auto-comprensione', cercando pure di enucleare le difficoltà interne ad ognuna di queste 'forme di coscienza' (p. XX), che la rendono necessariamente in parte falsa e limitata. Perché questo linguaggio hege-

liano? In effetti, un modo possibile di leggere la storia recente della filosofia delle scienze sociali può tentare di connettere la filosofia analitica con la fenomenologia, ed il trapasso di quest'ultima nella teoria critica, secondo un procedere dialettico che vede in ognuna una specifica forma di coscienza, in cui emerge un contesto problematico che, correttamente svolto, permette il trapasso ad una forma diversa, che in qualche modo contiene, e supera, la 'verità' della prima.

Così interpretato, il nucleo 'valido' della filosofia analitica sarebbe costituito dalla scoperta dell'importanza del linguaggio, che sta a fondamento di ogni tipo di conoscenza. La conoscenza della dimensione sociale studierà un particolare genere di linguaggio: il linguaggio dell'azione. In tale dimensione l'ideale empirista di scienza non trova spazio: non si tratta più di collezionare dati o studiare regolarità esistenti; ciò che conta è la *comprensione* dell'interazione sociale, delle istituzioni che formano la trama politica e sociale, e a tal fine lo studio si centrerà sugli attori, uomini che portano con sé un bagaglio di credenze, di 'modelli' del mondo che determinano forma e contenuto delle loro credenze e comportamenti. Tali credenze *costituiscono* l'azione intrapresa, quindi ogni azione (e la sua descrizione) è connessa alle interpretazioni che la costituiscono come tale. Descrivendola ed identificandola, la valutiamo. Tali modelli, concetti, idee, tutti espressi nel linguaggio, sono costitutivi delle relazioni sociali. Mutando i primi, anche tali relazioni cambiano *radicalmente*. È facile capire come uno dei maggiori rischi di questa prospettiva sia un relativismo radicale, per cui non è chiaro come diventi possibile studiare realtà che non rispecchiano, o non funzionano, secondo le nostre stesse regole sociali. Poiché tali regole costituiscono anche il nostro agire in quanto scienziati, la validità della ricerca ne viene fortemente limitata. A meno che non si voglia attribuire al teorico uno status speciale: quello dell'osservatore disinteressato. Ma, per non contraddirci, dovremmo assumerla come una ulteriore regola di un 'gioco' da cui non si esce. È questa centralità del linguaggio, costitutivo dell'azione umana, che costituisce il punto di partenza della fenomenologia ermeneutica (Shutz), quella che più ha influenzato, nel mondo anglosassone degli anni '60, non solo gran parte della ribellione contro la metodologia positivista, ma anche la fondazione di nuove discipline, come l'etnometodologia. Le radici di questa posizione vanno ricercate in Husserl, ma soprattutto nella 'seconda generazione' di fenomenologi: Scheler, Heidegger e Sartre, che rigettano il programma della fenomenologia trascendentale: il mondo delle attitudini naturali, il '*lebenswelt*', non si può mettere tra parentesi; al contrario, costituisce il fondamento di ogni conoscenza. Le attitudini naturali, e quindi il concetto di 'attività', sono l'oggetto primario di studio. Le stesse idee morali sono messe in discussione nella loro fondazione razionale e trascendentale: la moralità diventa impegno attivo, che non ha altra giustificazione se non quella di esistere come attività pratica. L'apporto specifico di Shutz è di mostrare come il linguaggio è costituito dalla '*lebenswelt*', è *primitivo* rispetto all'esperienza.

Per essere cosciente di sé, l'uomo si deve *esprimere* attraverso il linguaggio, ma quest'ultimo è essenzialmente intersoggettivo, sociale. Quindi il sociale, l'esistenza degli altri, viene prima della conoscenza della mia propria esistenza. L'agire sociale diventa primario, in tutti i sensi. È questa caratterizzazione linguistica dell'azione che permette una critica centrale a Weber: Weber infatti afferma che comprendere ciò che X sta facendo significa capire il significato soggettivo che questa azione ha per lui. Ma, secondo Shutz, c'è anche un significato *oggettivo* dell'agire umano: ed è il suo significato *per gli altri*. Weber, inoltre, presuppone l'esistenza di un mondo sociale dotato di significato. Ma l'interpretazione di questo mondo non è solo esclusivo compito del teorico, è qualche cosa che tutti facciamo quotidianamente. Il mondo sociale è quindi continuamente costituito dall'azione degli agenti sociali, che con il loro agire gli attribuiscono significato. Lo stesso studio del comportamento sociale, delle regole che seguiamo, non è solo *descrizione*, è esso stesso azione. Per fare un esempio tratto dal gioco degli scacchi: chi gioca a scacchi deve conoscere le regole, e tale conoscenza è costitutiva del gioco. Analizzare le regole è una forma di attività. Conoscere qualcosa equivale a conoscere le regole per farlo.
La scienza sociale, così interpretata, deve *ricostruire* la vita sociale in tutte le sue forme enucleandone le regole costitutive, ma così facendo è essa stessa attività soggetta a regole, prassi. E sarà proprio questa componente 'pratica' della conoscenza sociale che formerà il nucleo dell'ultima 'forma' analizzata: la teoria critica, che vuole appunto essere critica delle istituzioni sociali ed al tempo stesso liberazione da queste stesse istituzioni. E questo tema della liberazione, categoria sempre presente e sottesa alla dicotomia teoria/prassi, è un po' il centro e lo scopo dell'analisi. Se la ragione umana non si può limitare ad essere ragione tecnica e strumentale, deve diventare valutazione critica della qualità della vita umana. Ma, obbietta Bernstein, la critica non diventerà mai 'forza materiale'.

È questa la conclusione corretta? O non è forse meglio dire che il nostro modo di *fare* teoria, il significato che diamo a questa parola, è irrimediabilmente viziato dalle regole del gioco scientifico, un gioco che si è costituito apparentemente *al di fuori* di ogni forma di potere e che forse con il potere ha legami strutturali molto più complessi di quanto possiamo sospettare. Per tornare a Bernstein: questo suo uso di una hegeliana dialettica delle forme di coscienza scientifica, non rischia forse un pericoloso distacco da quelle che sono, di fatto, le espressioni *concrete* di tali forme, cioè le varie discipline sociali? Basta, ad accomunarle, il fatto che tutte si riferiscano al campo dell'agire sociale? Se è vero che, storicamente, si sono costituite ricavandosi un luogo intermedio ed esterno rispetto a quello delle scienze naturali e delle matematiche, è anche vero che questo spazio non è dato una volta per tutte. È, infatti, una storia densa di tentativi di intersezioni concettuali. Inoltre, se è possibile studiare una scienza specifica analizzando come costituisce i propri oggetti e concetti, che

tipo di struttura si dà, in modo per così dire 'statico', è anche importante analizzarne il mutamento, di oggetto e di linguaggio, e mi pare che le diverse posizioni metodologiche facciano parte di questo 'campo', e vadano quindi analizzate in connessione agli oggetti specifici che esse sottendono. Se vogliamo sostituire ad una scienza sociale 'positiva', che vuole soltanto descrivere 'ciò che vi è', una scienza che sia normativa, che permetta il cambiamento o, almeno a livello concettuale, lo renda possibile, dobbiamo anche smettere di separare metodo, riflessione *sulla* scienza, e teoria, e cominciare a *fare* teoria in modo diverso, che può anche significare costruire concetti che rendano conto, illustrino la realtà sociale in modo da lasciare spazio al mutamento, da suggerire addirittura le sue possibili direzioni.

C. B.

* BERNSTEIN, R. J. – THE RESTRUCTURING OF SOCIAL AND POLITICAL THEORY
Basil Blackwell, Oxford, 1976
XXIV + 286 pp.

Restructuration of the Social Sciences?*

CRISTINA BICCHIERI
Università di Milano

One of the consequences of political protest in the sixties was a series of criticisms and attacks aimed at the social sciences and their foundations: their ability to comprehend reality was questioned, not to speak of their chances of helping to change it.
The social sciences are in a state of crisis, and an enormous quantity of theses, pamphlets, articles and books have invaded the market, intended to explain *why*, and especially *how*, it is necessary to structure social, political or economic theories that are meant to be alternative. Many of these analyses are centered upon the *method* of the social sciences, this being a focal point in the debate on the *purposes* of these sciences, on their relationship with practice and on their very status as 'sciences'.
In my opinion, there are two ways in which it is possible to carry out an analysis of the method of the social sciences: we can study certain theories in their specificity, analysing their logical structure, the way in which they define their objects and construct concepts and categories that describe them, the structural relationships between these concepts and the principles of inner consistency. However, it is also possible to examine what the scientists themselves think of their own disciplines, what understanding they have of them, and what use they make of methodology, not only to defend existing theories but also in the very *construction* of those theories. Bernstein comes nearer to this second way, when he states that he wishes to show how the social scientists understand their own disciplines. The whole volume centres around a description — albeit an accurate one — of the contemporary lines of thought that have challenged the claim of the naturalistic approach. The purpose of the work, however, is a 'restructuration' of the social sciences and the proposal of a new method that will make political and social theories « empirical, interpretative and critical ». It is permissible to ask ourselves if this purpose has been achieved.
In this respect, I wish to focus upon certain points that seem to me to be central, at the risk of skating over other important points in the volume. But this is a risk that one always has to run, in wishing to provide a specific key to the reading of a volume.

(*A*) Bernstein is chiefly concerned with defining the relationship between theory and practice and the separation and distance between them. The specific field in which he chooses to carry out this analysis is the set of different *images* of the social sciences, as they have been elaborated by the theorists themselves at the moment when they concentrated upon the foundational aspect of their disciplines.
Now, one of the more important aspects of that set of rules (or norms) for making science that goes by the name of Positivism, is the separation between theory and method. Since the structure of the theory and the method have been made independent, the methodological form of Science is separate from its theoretical content, and the criteria for assessing and reasoning belong to the method. This allows separation between em-

pirical and evaluative components within one and the same science. This dichotomy is perhaps better known by the label 'Science is neutral with respect to values'. If it is true that we must discover the connection between factual basis and evaluative moment and that this link should be sought in the conceptual structure of a theory, it is also true that it is not sufficient to analyse the latter but it is necessary to connect this structure with the methodology that governs it and with the explicit use that is made of this methodology, not only, as I have said above, in *justificatory* terms, as a defence of a particular theory from attacks from outside, but particularly in *constructional* terms. Breaking the dichotomy theory/methodology means, in fact, starting to consider methodological debates as an *integrating part* of that unity of discourse that we call 'theory'; they are an indispensable component of this discourse as it is any theory of knowledge that governs the construction of a specific science. Hence, limiting oneself, as Bernstein does, to an appraisal of the various epistemological attitudes does not raise the question of their connection with specific theories nor of their function as methodology.

(*B*) Since the common aim of the contemporary lines of thought discussed by the author is a criticism of methodological naturalism, it is necessary to reconsider certain aspects of it, and in particular its dependence on Positivism. The term suffers from a certain semantic vagueness, since in the last two centuries a number of thinkers have been called or identified as 'positivist', although the respective attitudes differ, often considerably. Comte is not Mill, and both have little to do with the Vienna Circle. However, I feel it is possible to trace certain common characteristics, which we shall find present also in the most recent forms of positivism:
a) An empiricist theory of knowledge;
b) The identification of knowledge with the empirical sciences and with mathematics;
c) Unity of Method;
d) The neutrality of science with respect to values.

It is from unity of Method that derives what we call methodological 'naturalism': the idea that the natural and social sciences share — or at least should do so in prospect — the same method and aims. But this project should not be confused with one of its primitive formulations in a reductionist sense, common to phenomenist and physicalist programmes, in which an *objectual* reduction was envisaged, where the platonic ideal of 'scientific object' was made of the object as it is structured in the physical sciences. It is rather the result of an empiricism taken to extremes, which sees exemplified in the social sciences a type of knowledge whose nature differs radically from that of the natural sciences: a knowledge that is not structured according to universal laws but can only collect descriptive regularities, statistical generalisations. It is maintained that this partly depends on the complexity of social objects (which involves a description in terms of interactions between elements rather than the possibility of tracing causal processes), but also on the continuous interaction between society as an object of study and the 'social' as a dimension within which this analysis is carried out and which we cannot preclude.
This attitude has led social scientists to be more concerned with defining their own disciplines according to an authoritarian methodology (but, especially, elaborated elsewhere) and hence asking themselves questions on the level of 'maturity' reached and on how to measure it, rather than with elaborating alternative scientific norms.
I feel that Bernstein, in his account of methodological naturalism, undervalues the fact that this attitude of 'subjection' with regard to the natural sciences is very little changed, despite the 'revolutionary' criticisms recently aimed at the classical model of science. These criticisms contest the very image of the scientific method as it is proposed by the hypothetico-deductive model: in fact, this model considers the theories in their uniqueness and analyses their logical structure, so that, from a series of hypotheses plus rules of correspondence, exper-

imental laws are deduced, which will be checked in particular cases. What counts, in this model, is certainly not its *descriptive* function: it may readily be assumed that, in practice, theories formulated in canonical terms do not exist. What it aims at is the explication and *rational* reconstruction of scientific theories. It does not matter how the latter have been constructed historically; what counts is that, in principle, every scientific theory can be reformed in canonical terms. Hence the function of this model is purely normative and it is clear how, within it, the notion of *theory* has the logical primacy.

The 'revolutionary' alternative objects that, in order to understand a theory, it is necessary to analyse the dynamics of its development, in addition to defining the criteria according to which the theory may be accepted or rejected. It will be concerned with the *epistemic factors* that govern the discovery, development and acceptance of the scientific theories. One has the feeling that every scientific discourse is produced within a conceptual framework that determines which problems are worth investigating and which answers are acceptable. So one's attention is turned to the history of science and to the sociological factors that influence the birth and development of particular images of the world. The focus is no longer science in itself but the various ways of pursuing it. Already in Kuhn we find, with regard to these ways, the adoption of what I would call a Principle of Non-privilege: it is wrong to consider present-day science as a normal science, relegating old scientific conceptions to the rank of myths. It must then be assumed that myths are generated by the same methods and believed for the same reasons that today lead to scientific knowledge. Another possibility is to consider these conceptions as superseded as science: then it must be assumed that there are sciences containing beliefs that are incompatible with the contemporary sciences, and this is the alternative for which the historian will opt.

Our science is not privileged. At this point it becomes clear that the philosophy of science — or rather, its historically changed role of 'metatheory' of science — loses all meaning. We can recover it only by assembling the *different epistemologies* that govern the different scientific or disciplinary projects.

What role can this change fulfil, with regard to the social sciences? Kuhn's concept of paradigm — but especially his idea of 'shared values' that underlies the choice made by the scientific community on behalf of a particular theory — no longer offers the chance of distinguishing between scientific communities and other types of community. Moreover, these 'shared values' also include the criteria of choice and assessment proper to the philosophy of science: accuracy, simplicity and fruitfulness of a theory. In fact, they fulfil the role of values and, in themselves, do not constitute sufficient reasons for making theoretical choices. What distinguishes natural and social sciences is *not* the acceptance of a specific paradigm by a scientific community. In fact, both science and the 'schools' are characterised by the existence of a more or less generalised agreement on 'what is to be done': what distinguishes them is the *type* of agreement. It does not seem that the novelty of this attitude has been appreciated by the social scientists, who have in recent years doggedly persisted in judging the success or maturity of their disciplines on the basis of the extent to which they have attained the so-called 'paradigmatic stage', characteristic of the natural sciences, thus showing themselves to be unreceptive to the qualitative change that these criticisms have imposed upon Positivism. The use — in place of empirical criteria such as justification or falsification — of historical criteria such as the adoption of paradigms to establish the moment at which the social sciences passed from the dark ages into maturity certainly does not free us from the prospect of a sterile methodological unification. Kuhn's proposal, on the other hand, may be interpreted in the sense of methodological *liberalisation:* the various sciences elaborate different rules of acceptance and

different values and types of agreement, which are rooted both in the specificity of the objects and phenomena studied and in the way in which these sciences have been constituted *historically*.

(*C*) In any alternative proposal to the empiricalist image of the social sciences, Bernstein wishes to show the inner prospects of development and what he calls 'self-understanding', also seeking to assemble the difficulties in each one of these 'forms of conscience' (p. XX), which necessarily make it partly false and limited. Why this Hegelian language? In effect, a possible way of interpreting the recent history of the philosophy of the social sciences can attempt to connect analytical philosophy with phenomenology, and the transition of the latter into critical theory, according to a dialectical process that sees in each one a specific form of conscience, in which emerges a problematical context which, correctly fulfilled, allows the transition to a different form, which somehow contains, and goes beyond, the 'truth' of the former.

Thus interpreted, the 'valid nucleus' of analytical philosophy would consist of the discovery of the importance of language, which underlies every type of knowledge. Knowledge of the social dimension will be concerned with studying a particular kind of language: the language of action. In this dimension the empiricist ideal of science has no place: it is no longer a question of collecting data or studying existing regularities; what counts is the *understanding* of social interaction and of the institutions that make up the political and social texture, and for this purpose the study will be centered upon the 'actors': men that carry with them a burden of beliefs and 'models' of the world, which determine the form and content of their beliefs and behaviour. These beliefs *constitute* the action undertaken; hence every action (and its description) is connected with the interpretations that constitute it as such. By describing it and identifying it, we assess it. These models, concepts and ideas, all expressed in the language, are the constituents of social relations. In changing the former, these relations too change *radically*. It is easy to understand how one of the major risks of this outlook is a radical relativism, so that it is not clear how it may become possible to study realities that do not reflect our own social rules or function according to them. Since these rules also constitute our actions, as scientists, the validity of the research is considerably limited by them. That is, unless one wishes to attribute to the theoretician a special status: that of a disinterested observer. But, in order not to contradict ourselves, we should assume it as a further rule of a 'game' from which there is no escape. It is this centrality of the language, constituting human action, that forms the starting-point of hermeneutic phenomenology (Shutz), which more influenced, in the Anglo-Saxon world of the sixties, not only a great proportion of the rebellion against positivist methodology but also the foundation of new disciplines, such as ethnomethodology. The roots of this attitude should be sought in Husserl, but especially in the 'second generation' of phenomenologists, Scheler, Heidegger and Sartre, who reject the programme of transcendental phenomenology: the world of natural aptitudes, the '*lebenswelt*', cannot be made parenthetical; on the contrary, it constitutes the basis of all knowledge. Natural aptitudes, and hence the concept of 'activity', are the primary object of study. Moral ideas themselves are put into discussion in their rational and transcendental foundation: morality becomes an active task, which has no justification except to exist as a practical activity. Shutz's specific contribution is to show how language is constitutive of the '*lebenswelt*', and *primitive* with respect to experience.

In order to be aware of himself, man must express himself through language, but the latter is essentially social and inter-subjective. Hence the social, the existence of others, comes before knowledge of my own existence. Social action becomes primary, in all senses. It is this linguistic characterisation of action that allows a radical criticism to Weber: he states that to understand what X is doing

means understanding the subjective significance that this action has for him. According to Shutz, however, there is also an *objective* significance of human action: and that is its significance *for others*.

Moreover, Weber presupposes the existence of a social world endowed with meaning. But the interpretation of this world is not the sole and esclusive task of the theorist; it is something that we all do daily. Hence the social world is continuously made up of the action of social agents, who, through their action, give it meaning. The very study of social behaviour and of the rules that we follow is not only a *description*, its very self is action. To take an example from the game of chess: anyone that plays chess must know the rules, and this knowledge is a constituent of the game. Analysing the rules is a form of activity. Knowing something is equivalent to knowing the rules for doing it.

Social science, interpreted thus, must *reconstruct* social life in all its forms by gathering together the constituent rules, but in doing so it is itself an activity subject to rules, it becomes a form of practice. And it is precisely this 'practical' component of social knowledge that will form the nucleus of the last 'form' analysed: critical theory, which, in fact, wants to criticise the social institutions and at the same time to be a liberation from these institutions. And this theme of liberation, a category always present and underlied in the dichotomy theory/practice, is in a sense the centre and aim of the analysis. If human reason cannot be confined to being technical and instrumental reason, it must become critical assessment of the quality of human life. But, objects Bernstein, criticism will never become 'material force'.

Is this the correct conclusion? Or is it not perhaps better to say that our way of *making* theory — the significance that we give to this word — is irremediably vitiated by the rules of the scientific game, a game that is apparently constituted *outside* any form of power and perhaps has structural links with power that are far more complex than we may suspect? To return to Bernstein: this use of his of a Hegelian dialectic of the forms of scientific conscience, does it not perhaps risk a dangerous detachment from those that are, in fact, the *concrete* expressions of those forms: namely, the various social disciplines? To bring them all under a common head, is it sufficient that they all refer to the field of social action? If it is true that, historically, they are constituted by creating for themselves an intermediate and external place, with respect to that of the natural and mathematical sciences, it is also true that this place is not given once and for all. It is, in fact, a history abounding in attempts at conceptual intersections. Moreover, if it is possible to study a specific science by analysing how it constitutes its own objects and concepts, what type of structure it assumes, in a 'static' way, so to speak, it is also important to analyse its change of object and of language, and I feel that the different methodological attitudes form part of this 'field' and should therefore be analysed in connection with the specific objects that they govern.

If we wish to replace a 'positive' social science, which merely describes 'what there is', by a science that is normative, which allows change or, at least at conceptual level, makes it possible, we must also cease to separate method, reflection *on* science, and theory, and begin to *make* theory in a different way, which may even mean constructing concepts that take account of social reality and illustrate it, in such a way as to leave room for change and actually to suggest possible directions for it.

C. B.

Translation: J. LUBBOCK - TONBRIDGE (ENGLAND)

* BERNSTEIN, R. J. – THE RESTRUCTURING OF SOCIAL AND POLITICAL THEORY
Basil Blackwell, Oxford, 1976
XXIV + 286 pp.

The Monist

An International Quarterly Journal of General Philosophical Inquiry

Founded 1888 by **Edward C. Hegeler** *Editor*, Eugene FREEMAN

Editorial Board: William P. Alston, Monroe C. Beardsley, Lewis White Beck, William A. Earle, Dagfinn Føllesdal, William Frankena, Maurice Mandelbaum, R. Barcan Marcus, Richard Martin, Mary Mothersill, Joseph Owens, Richard Rorty, J. B. Schneewind, Wilfrid Sellars, John E. Smith, Richard Wasserstrom.

Managing Editor, Sherwood J.B. SUGDEN

EACH ISSUE IS LIMITED TO ARTICLES ON A SINGLE GENERAL TOPIC. Communicate with the Editor in advance for Special Instructions. Papers should be 4000-8000 words in length and must be submitted in **duplicate** *nine months prior to the scheduled publication of the issue, accompanied by return postage.*

SCHEDULED PUBLICATION DATES:

Vol. 62,	No. 2	Apr.,	1979	Truth, Meaning, and Reference
Vol. 62,	Vo. 3	July ,	1979	The Concept of a Person in Ethical Theory
Vol. 62,	No. 4	Oct.,	1979	Objectivity in Knowledge and Valuation
Vol. 63,	No. 1	Jan.,	1980	The Carus Lectures of William Frankena (By Invitation Only)
Vol. 63,	No. 2	Apr.,	1980	Crime, Punishment, and the Quality of Life
Vol. 63,	No. 3	July,	1980	The Relevance of Charles Sanders Peirce
Vol. 63,	No. 4	Oct.,	1980	Philosophy as Style, Literature as Philosophy
Vol. 64,	No. 1	Jan.,	1981	The Carus Lectures of Wilfred Sellars (By Invitation Only)

Editorial Office: Box 1908, Los Gatos, California 95030
Business Office: Box 600, La Salle, Illinois 61301

SUBSCRIPTION RATES: United States: Annual (4 issues): Institutions, $18.00; Individuals, $12.00. Single copies: $4.50. Foreign postage: Add 25 cents to single copy rate or $1.00 to subscription.

THE PHILOSOPHER'S INDEX

An International Quarterly Index To Philosophical Periodicals

The Philosopher's Index is an up-to-date quarterly index of articles from more than two hundred ninety international philosophy and interdisciplinary journals. Professional philosophers carefully index all articles, which are listed alphabetically by subject and author. Abstracts of the articles are published in each issue and are generally written by the authors of the articles. In addition, the ***Index*** contains a Book Review Index and a section entitled Translations in Progress.

The Quarterly, Paperback, $40 (Individuals: $20)
Annual Cumulative Edition, Hardbound, $50 (Individuals: $25)
Retrospective Index, Hardbound, $195 (Individuals: $130)

U.S. and Canada:

THE PHILOSOPHER'S INDEX
Bowling Green State University
Bowling Green, Ohio 43403 USA

Outside the U.S. and Canada:

D. Reidel Publishing Company/Dordrecht, Holland

Vol. 27

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Annus LXXII - IX-X-XI-XII 1978 - SUPPLEMENT Vol. 113

International Review of Scientific Synthesis

Direzione Scientifica - Scientific Editorial Board

PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

Recensioni
Book Reviews

UNIVERSITA' DI BOLOGNA
24 MAG. 1979
BIBL. MATEMATICA

Editor N. BONETTI

Comitato Scientifico - Scientific Committee

Giorgio Abetti
Osservatorio Astrofisico Arcetri/Firenze

Carlo Bernardini
Istituto di Fisica G. Marconi Università di Roma

Giovanni Battista Bonino
Istituto di Scienze Chimiche per l'Ingegneria
Università di Genova

Renzo Canestrari
Istituto di Psicologia Università di Bologna

Bruno de Finetti
Istituto Matematico Università di Roma

Giovanni Sansone
Istituto Matematico Università di Firenze

Aldo Sestini
Istituto di Geografia Università di Firenze

Vittorio Somenzi
Istituto di Filosofia Università di Roma

Paolo Sylos Labini
Istituto di Economia Università di Roma

Sergio Tonzig
Istituto di Scienze Botaniche Università di Milano

Livio Trevisan
Istituto di Geologia Università di Pisa

SCIENTIA

Fondata nel 1907

SUPPLEMENTO - SUPPLEMENT

IX - X - XI - XII 1978 - Vol. 113

Editor NORA BONETTI

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publishers: Scientia - Via Guastalla 9 - 20122 Milano - Italy

Classificazione delle materie
trattate nelle recensioni di questo supplemento
al fascicolo IX-X-XI-XII 1978

Classification of the disciplines
dealt with in the book reviews of this supplement
to issue IX-X-XI-XII 1978

Storia e Filosofia della Scienza *History and Philosophy of Science*	1
Matematica *Mathematics*	17
Fisica *Physics*	29
Astrofisica *Astrophysics*	59
Informatica *Informatics*	63
Chimica *Chemistry*	69
Biochimica, Biofisica, Biomatematica *Biochemistry, Biophysics, Biomathematics*	75
Biologia generale *General Biology*	101
Genetica, Evoluzione, Antropologia Molecolare *Genetics, Evolution, Molecular Anthropology*	125
Etologia, Ecologia *Ethology, Ecology*	139
Immunologia *Immunology*	147
Scienze della Terra *Earth Sciences*	151
Scienze Umane *Human Sciences*	181

Index

Per comodità dei nostri lettori elenchiamo qui di seguito, in ordine alfabetico per nome di autore, le opere recensite in questo volume. Il nome del recensore è indicato in corsivo.

For our readers' convenience we are listing here below, in alphabetical order according to the surname of the authors, the works reviewed in this volume. The reviewer's surname is indicated in italics.

AMATI, P. (ed.)
I virus - *G. Montalenti* 108

AUERBACH, C.
Mutation Research - *G. Montalenti* 131

BACRY, H.
Lectures on Group Theory and Particle Theory - *E. Eberle* 39

BELLAIRS, A. D'A. and COX, C. B.
Morphology and Biology of Reptiles - *G. Montalenti* 115

BOCKHOFF, F. J.
Elements of Quantum Theory - *R. Todeschini* 41

BORTZ, J.
Lehrbuch der Statistik - *B. de Finetti* 181

BOUGIS, P. (ed.)
Océanographie biologique appliquée - *D. Calamari* 122

BUNNING, E.
Wilhelm Pfeffer - *G. Montalenti* 11

BURTON, J. D. and LISS, P. S. (eds.)
Estuarine Chemistry - *D. Calamari* 160

BUTTS, R. E. and HINTIKKA, J. (eds.)
Logic, Foundations of Mathematics, and Computability Theory - *G. Lolli* 1

CAMPBELL, G. S.
An Introduction to Environmental Biophysics - *A. Gliozzi* 96

CANELLA, M. F. and ROCCHI - CANELLA, I.
Biologie des Ophryoglenina (Ciliés Hyménostomes Histophages) - *G. Montalenti* 109

CHADAN, K. and SABATIER, P. C.
Inverse Problems in Quantum Scattering Theory - *M. Bertero* 43

CHANDRASEKHAR, S.
Liquid Crystals - *G. Böbel* 36

CHORLTON, F.
Vector & Tensor Methods - *M. Bertero* 19

CLINE, M. J.
The White Cell - *G. Montalenti* 101

COHN, P. M.
Skew Field Construction - *L. Di Martino* 25

COLEMAN, R. G.
Ophiolites - *A. De Benedetti* 162

CURIO, E.
The Ethology of Predation - *G. Montalenti* 146

DAVIES, E. B.
Quantum Theory of Open Systems - *E. Beltrametti* 29

DAVIES, P. C. W.
Space and Time in the Modern Universe - *A. L. Kovács* 59

DEMPSTER, J. P.
Animal Population Ecology - *G. Montalenti* 141

DIJKSTRA, E. W.
A Discipline of Programming - *G. De Michelis* 63

* * *

Earthquake Prediction and Public Policy - *P. Caloi* † 178

EDWARDS, A. W. F.
Foundations of Mathematical Genetics - *G. Montalenti* 125

EIBL-EIBESFELDT, I.
I fondamenti dell'etologia - *M. Sarà* 184

ELDER, J.
The Bowels of the Earth - *A. Nazzaro* 165

ESCHER, A. and WATT, S. W. (eds.)
Geology of Greenland - *S. Zavatti* 169

EVELETH, PH. B. and TENNER, J. M.
Worldwide Variation in Human Growth - *G. Montalenti* 112

FLUCK, E. and GOLDANSKII, V. I. (eds.)
Modern Physics in Chemistry, Vol. 1 - *G. F. Majorino* 69

FRANZ, J. M. and KRIEG, A.
Biologie Schädlings-bekämpfung - *G. Montalenti* 140

FREY-WYSSLING, A.
The Plant Cell Wall - *G. Sarfatti* 106

FROMM, H. G.
Initial Rate Enzyme Kinetics - *E. P. Whitehead* 80

* * *

Geographers: Biobibliographical Studies, Vol. 1 - *E. Migliorini* 14

GOLDMAN, R., POLLARD, T. and ROSENBAUM, J. (eds.)
Cell Motility - *B. Baccetti* 102

GOODMAN, M. and TASHIAN, R. E. (eds.)
Molecular Anthropology - *L. Terrenato* 137

HAILS, J. R. (ed.)
Applied Geomorphology - *L. Trevisan* 174

HOLLOWAY, J. D.
The Lepidoptera of Norfolk Island, their Biogeography and Ecology - *M. Solinas* 144

HOOK, E. B. and PORTER, I. H. (eds.)
Population Cytogenetics - *L. Terrenato* 129

IBACH, H. (eds.)
Electron Spectroscopy for Surface Analysis - *A. Levi* 52

INOUÉ and STEPHENS, R. E. (eds.)
Molecules and Cell Movement - *B. Baccetti* 102

JÖRESKOG, K. G., KLOVAN, J. E. and REYMENT, R. A.
Geological Factor Analysis - *G. Corrado* 154

JOHNSTON, R. (ed.)
Marine Pollution - *D. Calamari* 118

JUDSON, S., DEFFEYES, K. S. and HARGRAVES, R. B.
Physical Geology - *G. Luongo* 151

KARLIN, S. and NEVO EVIATAR (eds.)
Population Genetics and Ecology - *G. Montalenti* 134

KILBEY, B. J., LEGATOR, M., NICHOLS, W. and RAMEL, C. (eds.)
Handbook of Mutagenicity Test Procedures - *N. Loprieno* 85

LAUFFER, M. A.
Entropy-Driven Processes in Biology - *M. Ageno* 90

LEDERMANN, W.
Introduction to Group Characters - *L. Di Martino* 23

LINSTONE, H. A. and CLIVE SIMMONDS, W. H. (eds.)
Future Research: New Directions - *R. Vacca* 186

LOPES, J. L. and PATY, M. (eds.)
Quantum Mechanics, a Half Century Later - *E. Beltrametti* 6

LORENZ, K.
L'aggressività - *F. Robustelli* 189

MANNING, M. J. and TURNER, R. J.
Comparative Immunology - *G. Montalenti* 148

* * *

Mathematical Models in Medicine - *A. Lepschy* 99

MATHEWS, M. B.
Connective Tissue - *G. Montalenti* 77

MATKOVICH, V. I. (ed.)
Boron and Refractory Borides - *V. Lorenzelli* 73

MATZNETTER, J.
Politische Geographie - *E. Migliorini* 177

* * *

Mécanismes d'altération et de réparation du DNA, relations avec la mutagénèse et la cancerogénèse chimique - *N. Loprieno* 78

MEHRA, J.
The Solvay Conferences on Physics - *B. Carazza* 7

MELCHERS, F. and RAJEWSKY, K. (eds.)
The Immune System - *G. Montalenti* 149

MITCHELL-THOMÉ, R. C.
Geology of the Middle Atlantic Islands - *T. Lipparini* 167

MITRA, G.
Theory and Application of Mathematical Programming - *A. Lepschy* 21

MOCEK, R.
Wilhelm Roux - Hans Driesch: zur Geschichte der Entwicklungsphysiologie der Tiere - *G. Montalenti* 9

MORGAN, C. I. and KING, P. E.
British Tardigrades - *G. Montalenti* 114

MOUNOLOU, J.-C. and VIGIER, PH.
Précis de génétique physiologique - *G. Montalenti* 136

MÜLLER, A. H.
Lehrbuch der Paläozoologie - *G. Montalenti* 139

NICOLAU, C. and PARAF, A. (eds.)
Structural and Kinetic Approach to Plasma Membrane Functions - *A. Gliozzi* 97

OLIVERIO, A.
Maturità e vecchiaia - *R. Canestrari* 181

PAICE, C. D.
Information Retrieval and the Computer - *G. De Michelis* 67

PAPAVERO, N.
The World Oestridae (Diptera), Mammals and Continent Drift - *M. Solinas* 142

PILLER, H.
Microscope Photometry - *L. Rositani Ronchi* 54

QUEISSER, H. J. (ed.)
X-Ray Optics - *A. Della Giusta* 56

QUINE, W. V.
Ontological Relativity and other Essays - *G. Lolli* 4

REKTORYS, K.
Variational Methods in Mathematics, Science and Engineering - *G. Viano* 17

SALEH, B.
Photoelectron Statistics - *C. Pontiggia* 46

SALZANO, F. M. (ed.)
The Role of Natural Selection in Human Evolution - *L. Terrenato* 127

SAXENA, S. K. and BHATTACHARJI, S. (eds.)
Energetics of Geological Processes - *L. Trevisan* 176

SCOTT, J. S. and JONES, W. R. (eds.)
Immunology of Human Reproduction - *G. Montalenti* 147

SHAPIRO, S. L. (ed.)
Ultrashort Light Pulses - *C. Pontiggia* 48

SOKOLOV, A. A.
Aktualnye Problemy Theoreticheskoi Fiziki - *E. Recami* 31

STEWART, W. D. P. (ed.)
Nitrogen Fixation by Free-living Micro-organisms - *G. Montalenti* 112

* * *

The Biology of the Nocardiae - *G. Montalenti* 110

THOMPSON, E. A.
Human Evolutionary Trees - *G. Montalenti* 126

TURNER, R. B. (ed.)
Analytical Biochemistry of Insects - *M. Solinas* 88

VINNIKOV, YA. A.
Sensory Reception - *G. Montalenti* 75

VON FIEANDT, K. and MOUSTGAARD, I. K.
The Perceptual World - *R. Canestrari* 183

WALLACE, W. A.
Causality and Scientific Explanation, Vols. 1 and 2 - *G. Montalenti* 12

WEINBERG, S.
Les trois premières minutes de l'univers - *L. Trevisan* 61

WOOD, B. J. and FRASER, D. G.
Elementary Thermodynamics for Geologists - *L. Civetta* 159

YOUNG, M.
Optics and Lasers - *C. Pontiggia* 50

ZETTLER, F. and WEILER, R. (eds.)
Neural Principles in Vision - *L. Rositani Ronchi* 116

ZWEERS, G. A., GERRITSEN, A. F. CH., and VAN KRANENBURG VOOGD, P. J.
Mechanics of Feeding of the Mallard - *G. Montalenti* 116

ZUSSMAN, J. (ed.)
Physical Methods in Determinative Mineralogy - *A. Della Giusta* 157

BUTTS, R. E. and HINTIKKA, J. (eds.)

Logic, Foundations of Mathematics, and Computability Theory

Proceedings of the Fifth International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, London, Ontario, Canada, 1975, Part I
Series: The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science, Vol. 9
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1977
x + 406 pp., Dfl. 100,—

Segno dei tempi, anche gli atti del periodico Congresso internazionale di Logica, Metodologia e Filosofia della Scienza vengono da ora pubblicati in volumi distinti per i settori logico, metodologico e storico e filosofico. È vero che gli atti degli ultimi congressi, nonostante si tratti sempre di una scelta dei contributi presentati, avevano raggiunto dimensioni e costi impossibili per la tecnologia libraria, ma la decisione è comunque grave e forse affrettata. I curatori dei volumi relativi al quinto congresso, Canada 1975, ricordano come giustificazione, oltre ai motivi suddetti, la diminuita interrelazione tra i diversi settori. Se fosse vero, oltre a pubblicare volumi separati sarebbe coerente tenere congressi separati (per molti il congresso coincide con gli atti pubblicati) e costituire associazioni separate. Ma ciò è vero, in questo caso e in generale, solo per i contributi scadenti, in molti casi è falso. Ad esempio proprio nel volume dedicato ai problemi storiografici, che sarà recensito a parte sulla rivista, è contenuta una vivace discussione sulla applicabilità di metodi formali, in particolare della nozione di modello elaborata nella logica matematica, per la chiarificazione di modelli interpretativi storiografici quali quelli di scienza normale e paradigma.

Sarebbe utile offrire queste discussioni alla attenzione degli specialisti di logica, di cui pochi sono al corrente dei lavori iniziati da J. S. Sneed, perché alcune precisazioni più accurate (ad esempio l'uso di modelli di

It is a sign of the times that also the proceedings of the periodical International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science are now being published in separate volumes for the sections of Logic, Methodology and History and Philosophy. It is true that the proceedings of the latest congresses, although they always comprised only a selection of contributions, had increased in size and cost such that they presented impossible difficulties for printing and publication, but the decision is, in any case, a serious and perhaps a hasty one. The editors of the volumes relating to the fifth congress, Canada 1975, mention as a justification, in addition to the above reasons, the weakening inter-relation between the different sectors. Were this true, besides publishing separate volumes it would be consistent to hold separate congresses (for many, the congress coincides with the published proceedings) and set up separate associations. But in this case, and in general, this is true only for the lower-quality contributions; in many cases it is false. For example, in the volume devoted to historiographical problems, which will be reviewed separately in this journal, there is a lively discussion on the applicability of formal methods, particularly of the notion of model as elaborated in mathematical logic, for clarifying historiographical interpretational notions such as those of normal science and paradigm. It would be useful to present these discussions to the attention of specialists in logic, few

Kripke) potrebbero rivelarsi opportune, e altri suggerimenti potrebbero essere avanzati. Il volume qui recensito offre una buona 'foto di gruppo' delle ricerche in molti settori della logica matematica. Non è possibile prendere lo spunto da questa raccolta per considerazioni generali su dove va la logica matematica solo perché non si può dimenticare un elemento di casualità della rappresentazione indotto dagli aspetti organizzativi del congresso stesso, inviti, accettazione degli stessi, disponibilità a scrivere, scelte dei curatori; tuttavia il volume è uno strumento utile sia per chi vuole una impressione globale, sia per chi vuole utilizzare per la ricerca alcuni contributi. Tra questi segnaliamo l'articolo di J. Barwise su alcuni difficili risultati di teoria dei modelli riguardanti la problematica dei due cardinali, con la tecnica degli indiscernibili; l'uso di proprietà modellistiche in teoria degli insiemi è illustrato dall'articolo di J. E. Baumgartner sui cardinali ineffabili. Questi, come altri articoli, non sono autosufficienti, ma sono momenti di una più ampia produzione, nota agli specialisti. È anche il caso dell'articolo di G. E. Sacks sul concetto di enumerabilità ricorsiva nella ricorsività in tipi finiti.

Altri articoli sono invece più comprensivi: J.-Y. Girard pubblica qui i suoi risultati sul confronto tra interpretazione funzionale e modelli di Kripke per l'aritmetica intuizionista; W. A. J. Luxemburg presenta una introduzione, non molto elevata, ai metodi non-standard in matematica; Y. N. Moshovakis dà una versione algebrica della teoria delle definizioni induttive.

Dal gruppo di articoli dedicati alla teoria della computabilità emerge la difficoltà in cui si muove, al di fuori della strada aperta da D. Scott con i modelli per il λ-calcolo, la ricerca concernente la computabilità concreta, nel tentativo di trovare una dimensione teorica appoggiandosi alla logica matematica. Nonostante tutti gli sforzi, il matrimonio tra logica e scienza dei calcolatori non sembra ancora realizzato; gli accostamenti sembrano o forzati o superficiali. A.

of whom are familiar with the studies initiated by J. S. Sneed, because certain more accurate definitions (for example, the use of Kripke models) might be found to be appropriate and other suggestions might be put forward.

The present volume offers a good 'group photograph' of the research in many sectors of mathematical logic. It is not possible to use this collection for general considerations on where mathematical logic is leading, merely because we cannot be unaware of an element of randomness in the representation of the various subjects, induced by the organisational aspects of the congress: the invitations, the acceptance of the same, the readiness to write the papers, and the selection made by the editors. Nevertheless, the volume will prove useful both to those that want to get an overall impression and to those wishing to use some of the contributions for their research. Among these we may mention the paper by J. Barwise on certain deep results of model theory regarding the two-cardinals problems, using the technique of indiscernibles; the use of model theoretic properties in the theory of sets is illustrated by J. E. Baumgartner's paper on ineffable cardinals.

These, like other articles, are not self-contained but are steps of a more extensive production, well known to specialists. This is also the case with G. E. Sacks's paper on the concept of recursive enumerability in recursion in finite types.

On the other hand, other articles are more comprehensive: J.-Y. Girard offers his results on the comparison between functional interpretation and Kripke models for intuitionistic arithmetic; W. A. J. Luxemburg presents an introduction, of not too high level, to non-standard methods in mathematics; and Y. N. Moschovakis gives an algebraical version of the theory of inductive definitions.

The group of articles devoted to the theory of computability reveals the difficulties — safe for the way opened up by D. Scott with his models for λ-calculus — surrounding research on concrete computability, in an attempt to find a theoretical dimension by

Salwicki, della scuola della H. Rasiowa, illustra l'uso di logiche infinitarie per lo studio dei programmi; è un indirizzo che sembra molto promettente. Il problema tuttavia meriterebbe una approfondita discussione.

La parte dedicata ai fondamenti della matematica è interessante, anche se non ampia, a dispetto di certe affrettate dichiarazioni sulla morte di questo settore di ricerca. S. Feferman discute la fondazione categoriale della matematica, e ha l'occasione di dire una cosa che molti avranno osservato, e cioè che a tutt'oggi la fondazione categoriale non ha prodotto alcun principio nuovo, ma ha semplicemente tradotto i principi insiemistici in un altro linguaggio (talvolta pedestremente copiando alla lettera gli assiomi formali). Se questo non è un motivo sufficiente per abbandonare una linea di ricerca che ha delle motivazioni profonde, è tuttavia motivo sufficiente per confortare Feferman nella prosecuzione delle sue ricerche, su linee più tradizionali, sugli assiomi per operazioni parzialmente definite, che dovrebbero fornire anche una fondazione attraverso concetti classici della teoria delle categorie; il contributo di Feferman in questo volume si aggiunge ad altri suoi ben noti. Non è rappresentata nel volume la posizione alternativa.

I problemi posti dalla teoria delle categorie hanno diversamente orientato la riflessione anche nell'ambito della fondazione insiemistica corrente. L'attenzione è oggi volta a uno studio positivo, se così si può dire, e non solo a una eliminazione, delle totalità inconsistenti; questa ripresa, dopo i vecchi lavori di Quine, dipende dai recenti contributi di Reinhardt e Powell, sulla teoria di Ackermann. Nel volume, C. Parsons indica alcune possibili applicazioni della logica modale alla trattazione delle totalità inconsistenti, mentre H. Wang fornisce la più agevole introduzione disponibile ai lavori di Powell descrivendo la possibilità di ottenere i cardinali misurabili attraverso principi di riflessione. Gli specialisti di fondamenti della matematica hanno tuttavia uno strano atteggiamento nello scrivere, come se, essen-

resorting to mathematical logic. Despite all efforts, the marriage between logic and science of computers still does not seem to have been achieved; the attempts to achieve it seem either forced or superficial. A. Salwicki, of the H. Rasiowa school, discusses the use of infinitary logics for the study of the programs; it is an approach that seems very promising. However, the problem deserves more thorough discussion.

The part devoted to the foundations of mathematics is interesting, even if it is not very ample, despite certain hasty statements on the death of this field of research. S. Feferman discusses the categorial foundation of mathematics and has occasion to say something that many will have observed: namely, that so far the categorical foundation has produced no new principle but has merely translated the principles of set theory into another language (sometimes literally copying, in a pedestrian manner, the formal axioms). Even if this is not a sufficient reason for abandoning a line of research that has its deep motives, it is nevertheless a sufficient reason to give Feferman support in pursuing his studies, on more traditional lines, on axioms for partially defined operations, which should also provide a foundation through classical concepts of the theory of categories. Feferman's contribution in this volume should be added to other well-known contributions of his; the alternative attitude is not represented.

The problems posed by the theory of categories have prompted new ideas also in the sphere of the current set-theoretical foundations. Today attention is centered upon a positive study (if so we may say) and not only upon an elimination of inconsistent totalities; a resumption of this line of approach, after the old works of Quine, depends on the recent contributions made by Reinhardt and Powell to Ackermann's theory. In the volume, C. Parsons indicates certain possible applications of modal logic to the treatment of inconsistent totalities, while H. Wang offers the handiest available introduction to the works of Powell in describing the possibility of obtaining the measurable

dosi liberati della schiavitù del discorso rigorosamente vincolato alla tecnica, avessero il diritto di dire tutto quello che gli passa per la testa, incluse le loro posizioni ideologiche. Si veda la nota a pag. 329 dove la distinzione tra il concetto di valore d'uso e valore di scambio è portata come esempio di conquista scientifica, nonostante «le sofferenze apportate all'umanità dalla falsa coscienza che questa distinzione ha indotto».

cardinals through reflection principles. However, specialists in the foundations of mathematics have a strange attitude in their writing, as if, being freed from the bondage of a technical discourse, they had the right to say anything that passed through their heads, including their ideological convinctions. See, for example, the note on page 329, where the distinction between the concept of use-value and exchange-value is offered as an instance of scientific achievement, despite «the sufferings brought to mankind by the false conscience induced by this distinction».

GABRIELE LOLLI

QUINE, W. V.

Ontological Relativity and Other Essays

Series: The John Dewey Essays in Philosophy, Vol. 1
Columbia University Press, New York, 1977
VIII + 160 pp., $ 4.40

La pubblicazione in edizione economica di questi saggi di Quine, scritti nella seconda metà degli anni '60, propone il problema di una maggiore diffusione, anche tra gli scienziati, dei risultati più meditati delle ricerche epistemologiche. Ma quale può essere l'interesse degli scienziati per questo tipo di analisi spesso difficile e non sempre concludente? I linguaggi della scienza hanno un carattere atemporale e aspaziale, rivelato dall'assenza di termini di riferimento come questo, quello, ..., che li separa radicalmente dal linguaggio ordinario. Gli oggetti del discorso, se illustrati in termini intuitivi, nel linguaggio ordinario, rimandano a cose esistenti solo per analogia, se va bene (si pensi alle particelle, o agli insiemi infiniti). Questi tentativi di illustrazione in senso intuitivo non sono che il segno della volontà di attribuire loro un significato, e di giustificare l'uso della logica ordinaria nei discorsi scientifici rela-

Here we have a pocket edition of essays by Quine written in the second half of the 1960's. Their publication raises the problem of a greater diffusion, also among scientists, of the most thoroughly meditated results of epistemological research. But what interest can scientist have in this kind of analysis which is often difficult and not always conclusive? The languages of science have an atemporal and non-spacial character, revealed by the absence of terms of reference such as this, that, ..., that radically separates them from ordinary language. The objects of science, even when illustrated in intuitive terms, in ordinary language, refer to existing things only by analogy, if all goes well (consider elementary particles or infinite sets). These attempts at intuitive illustration are nothing but a sign of the desire to attribute them a meaning and to justify the use of ordinary logic in scientific discussion related to them.

tivi ad essi. Una tentazione ricorrente, nell'atteggiamento acritico di molti scienziati, è quella di ristabilire per questa via un legame con il linguaggio comune e su di esso fondare, o dimostrare che non c'è bisogno di fondazione, il linguaggio scientifico. (Si pensi alla identificazione degli insiemi con le proprietà logiche). La tentazione vale anche per sofisticate scuole filosofiche, ultimo esempio quello del programma neopositivista di ricostruzione razionale della fisica in termini di dati sensoriali.

Il procedimento di Quine è singolare e didatticamente affascinante: egli riscopre le stesse difficoltà dei linguaggi scientifici in quelli ordinari, l'impossibilità della traduzione fedele, l'indefinibilità del significato, le convenzioni, gli abiti acquisiti e le disposizioni innate che regolano il nostro apprendimento e uso del linguaggio. In questo modo Quine rivela l'illusione di risolvere i problemi dei fondamenti delle scienze con un rimando più o meno articolato al linguaggio ordinario, formulando le critiche più penetranti di alcune illusioni dell'empirismo; nello stesso tempo egli stabilisce una distinzione meno marcata appunto tra il linguaggio ordinario e quelli scientifici, recuperando almeno alcune esigenze dell'empirismo di cui è critico rigoroso.

Su questo sfondo di problemi le analisi di Quine si sviluppano in modo molto complesso e vario e non sono facilmente riassumibili; tra i saggi di questa raccolta *Ontological Relativity* è il più corposo dal punto di vista teorico; un buon esercizio per il lettore è quello di arrivare alle stesse conclusioni con la pura analisi della definizione di interpretazione per i linguaggi formali in cui è espressa la matematica, e quindi gran parte del discorso scientifico, che è sempre relativa a un metalinguaggio anch'esso formalizzabile. Altri saggi di più agevole lettura sono *Epistemology Naturalized*, dedicato al programma neopositivista, e *Natural Kinds*, sulle possibili disposizioni innate al rilevamento dei rapporti di somiglianza che sono alla base del processo di induzione.

A recurring temptation in the acritical attitude of many scientists is to re-establish, through this path, a link with common language and to found scientific language on it, or to demonstrate that there is no need for that foundation. (Consider the identification of sets with logical properties.) This temptation also exists among sophisticated philosophical schools, the latest example being the neopositivist plan of rational reconstruction of physics in terms of sensorial data.

Quine's procedure is unique and is didactically fascinating: he rediscovers the same difficulties in scientific language as well as in ordinary language: the impossibility of faithful translation, the impossibility of defining meaning, the conventions, the acquired habits and innate inclinations that regulate our learning and our use of language. In this way Quine reveals the illusion of solving the problems of the foundations of science with a more or less articulated return to ordinary language, formulating the most penetrating criticism about some illusions of empiricism. At the same time, he establishes a less marked distinction between ordinary and scientific languages, thus supporting some of the suggestions of empiricism, of which he is a rigorous critic.

On this background of problems, Quine's analyses develop in a very complex and varied way and are not easy to summarize. In this collection, *Ontological Relativity* is the most weighty essay from the theoretical point of view. A good exercise for the reader is to reach the same conclusions through the analysis of interpretations of formal languages, through which mathematics and therefore a large portion of scientific discussion is expressed, which are always relative to a metalanguage that can also be formalised. Other essays that are easier to read are *Epistemology Naturalized*, devoted to the neopositivist program, and *Natural Kinds*, on the possible innate inclination toward the recognition of relationships of similarity that are at the basis of the induction process.

GABRIELE LOLLI

LOPES, J. L. and PATY, M. (eds.)

Quantum Mechanics, a Half Century Later

Series: Episteme, Vol. 5
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1977
x + 310 pp., figs. and tables, No price stated

La storia della meccanica quantistica è singolare: la formulazione autonoma, l'interpretazione, i fondamenti logici e matematici di questa teoria hanno richiesto un tempo straordinariamente lungo per trovare un assetto soddisfacente, né tale processo può dirsi del tutto concluso. La cosa è singolare sia in vista del rapido e formidabile successo della meccanica quantistica nel dar ragione, e nella capacità di predizione di risultati sperimentali, sia in confronto con la storia di altre grandi 'teorie' della fisica. Così, J. L. Lopes e M. Paty, editori del libro, hanno ritenuto utile organizzare, nel maggio 1974 presso l'Università Louis Pasteur di Strasburgo un colloquio internazionale per fare il punto sullo stato della meccanica quantistica, commemorando nel contempo il lavoro di De Broglie del 1924 che, sotto vari aspetti, può essere preso come data di nascita della meccanica quantistica. Il libro raccoglie appunto i contributi presentati a quel colloquio: di qui il suo titolo.

L'opera contiene 15 articoli dei seguenti autori: J. A. Wheeler, A. Frenkel, J. M. Jauch, C. Cassinelli e E. G. Beltrametti, C. Piron, S. P. Shushurin, M. Mugur-Schachter, B. D'Espagnat, J. M. Lévy-Leblond, D. Bohm e B. Hiley, R. Lestienne, R. Daudel, G. Lochat, M. Paty, M. Lamehi-Rachti, W. Mittig. I temi trattati includono i punti cruciali, e affatto ovvi, della teoria quantistica: il ruolo dell'osservatore nella descrizione del sistema quantistico, il processo di misura, il calcolo delle probabilità quantistico, la struttura logica della teoria, i vari problemi di 'separabilità' e 'località' connessi con la descrizione di due (o più) sistemi fisici che pur essendo isolati al momento dell'osservazione abbiano in precedenza interagito costituendo un unico sistema fisico, l'esame

The history of quantum mechanics is a singular one: the autonomous formulation, interpretation and logical and mathematical foundations of this theory have required an extraordinarily long time to arrive at a satisfactory settled state, nor can this process be said to be wholly concluded. The subject is singular both in view of the rapid and formidable success of quantum mechanics in its ability to predict and corroborate experimental results and in comparison with the histories of other great 'theories' of physics. Thus, J. L. Lopes and M. Paty, the editors of the present volume, considered it useful to organise in May 1974, at the Louis Pasteur University in Strasbourg, an international meeting for defining the present state of quantum mechanics and at the same time commemorating the work done by De Broglie in 1924, which, from various points of view, may be considered as the date of birth of quantum mechanics. The volume, in fact, is a collection of the papers read at that meeting: hence its title.

The volume contains 15 articles, by the following authors: J. A. Wheeler, A. Frenkel, J. M. Jauch, C. Cassinelli & E. G. Beltrametti, C. Piron, S. P. Shushurin, M. Mugur-Schachter, B. D'Espagnat, J. M. Lévy-Leblond, D. Bohm & B. Hiley, R. Lestienne, R. Daudel, G. Lochat, M. Paty, M. Lamehi-Rachti, W. Mittig. The subjects covered include the crucial — but by no means obvious — points of the quantum theory: the role of the observer in the description of the quantum system; the process of measurement; the quantum probability calculus; the logical structure of the theory; the various problems of 'separability' and 'locality' connected with the description of two (or more) physical systems, which,

di interpretazioni non ortodosse della teoria con particolare riferimento alla vecchia idea di 'variabili nascoste', le verifiche sperimentali della meccanica quantistica che, dopo il 1965, si sono particolarmente imperniate sulle cosiddette diseguaglianze di Bell.
Un sapore particolare acquista il contributo di J. M. Jauch ('The quantum probability calculus') in considerazione della sua improvvisa morte, avvenuta pochi mesi dopo il colloquio da cui questo libro è nato, e tenuto conto del particolare rilievo avuto da Jauch nell'analisi della struttura della meccanica quantistica.
Gli articoli che compongono il volume sono generalmente rivolti a ricercatori e studiosi di fisica, non necessariamente specialisti negli argomenti trattati: una certa conoscenza della meccanica quantistica è quindi presupposta.

though isolated at the moment of observation, may have previously interacted, constituting a single physical system; non-orthodox interpretations of the theory, with particular reference to the old idea of 'hidden variables'; and the experimental proofs of quantum mechanics, which, after 1965, have hinged particularly on so-called Bell's 'inequalities'.
The contribution by J. M. Jauch ('The quantum probability calculus') assumes particular significance in view of the author's sudden death, which occurred a few months after the meeting which gave rise to this book, and of the particular importance of his work on the analysis of the structure of quantum mechanics.
In general, the articles in this volume are intended for research scientists and experts with a background in physics, but not necessarily specialists in the subjects treated: a certain knowledge of quantum mechanics is assumed.

ENRICO BELTRAMETTI

MEHRA, J.

The Solvay Conferences on Physics

Aspects of the Development of Physics since 1911
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
xxxii + 414 pp., figs., No price stated

In questo volume, frutto di un notevole lavoro consacrato da un meritato successo, il dr. Mehra presenta un resoconto delle conferenze Solvay tenutesi a Bruxelles a partire dalla prima, del 1911, fino alla sedicesima, che si svolse nel 1973. Il volume è preceduto da una prefazione di W. Heisenberg e da una introduzione storica dell'autore. Il dr. Mehra presenta brevemente ogni singola conferenza. Vengono poi esposte in sintesi le relazioni ivi tenute dai vari partecipanti, con un riassunto della discussione seguitane. Ne risulta un quadro chiaro ed esauriente del contributo dato ai lavori dagli

Dr. Mehra presents an account of the Solvay Conferences held in Brussels from the first, in 1911, to the sixteenth, in 1973. This volume is the product of considerable work which has earned deserved success. The book is preceded by a preface by W. Heisenberg and an historical introduction by the author. Dr. Mehra briefly presents each conference. He then summarizes the reports given by the various participants, and gives an account of the discussion that followed them. The result is a clear and complete picture of the contribution to the works made by the scientists attending the meetings as well

scienziati presenti nonché dell'importanza di tali riunioni per lo sviluppo della fisica.
Queste conferenze furono istituite grazie al mecenatismo di Ernest Solvay, geniale inventore e ricco imprenditore belga. Esse punteggiano lo sviluppo tumultuoso che la fisica ebbe dall'inizio del secolo e alcune di esse, specialmente le prime, dettero un contributo determinante all'affermazione delle nuove idee, in particolare della meccanica quantistica. Un notevole effetto ebbe per esempio la prima conferenza del 1911. Ad essa parteciparono i più illustri scienziati del momento quali Einstein, Planck, Lorentz e Poincaré e vi si discussero gli aspetti teorici dello spettro di radiazione del corpo nero e l'ipotesi del 'quanto' introdotta da Planck. Fu in seguito ai risultati e alle conclusioni raggiunte in tale occasione che l'ipotesi di Planck si diffuse e prese piede nel mondo scientifico. Notevole importanza ebbe anche la conferenza del 1927, nella quale si discusse l'interpretazione del nuovo formalismo quantistico che si era andato sviluppando nel frattempo. Si assistette all'affermazione del punto di vista della cosiddetta scuola di Copenaghen-Gottinga che fu adottato in seguito dalla maggioranza dei fisici. Citiamo ancora la conferenza del 1933, l'ultima a tenersi prima della seconda guerra mondiale, la quale denota il prorompente interesse che si era creato per la fisica nucleare. In questa occasione fu comunicata da Chadwick la scoperta del neutrone e inoltre vennero descritte le prime esperienze con il ciclotrone di Berkeley.
Da quanto detto risulta che questo volume, i cui protagonisti sono gli scienziati che hanno contribuito allo sviluppo della fisica moderna, reca importanti testimonianze e documenti relativi alla storia della fisica del Novecento. Esso è pertanto uno strumento di lavoro per lo storico di professione ed è inoltre di interesse per chi voglia approfondire, risalendo alle fonti storiche, l'origine di molti concetti fondamentali della fisica moderna.

as of the importance of these meetings for the development of physics.
These conferences were instituted thanks to the patronage of Ernest Solvay, a gifted inventor and wealthy Belgian entrepreneur. The meetings marked the tumultuous development undergone in physics at the beginning of the century and some of them, particularly the first ones, made a definite contribution towards the affirmation of new ideas, especially in quantum mechanics. The meeting of 1911 for example, had an outstanding effect. The most illustrious scientists of the time including Einstein, Planck, Lorentz and Poincaré took part in it and discussed the theoretical aspects of the spectrum of black body radiation and the 'quantum' hypothesis introduced by Planck. It was following the results and conclusions reached on this occasion that Planck's hypothesis spread and took root in the scientific world. The conference of 1927 was also of particular importance, with its discussion of the interpretation of the new quantum formalism that had developed in the meantime. It witnessed the affirmation of the viewpoint of the so-called Copenhagen-Göttingen school which was later adopted by the majority of physicists. I must mention the 1933 conference, the last one before the Second World War, which also marked the expanding interest in nuclear physics. On this occasion Chadwick communicated the discovery of the neutron. In addition, the first experiments with the Berkeley cyclotron were described.
As I have said, this volume, whose protagonists are the scientists who contributed to the development of modern physics, presents important evidence and documents about the history of twentieth century physics. It is therefore a working tool for the professional historian and furthermore is of interest for anyone wishing to go to historical sources in order to make a deeper understanding of the origins of many fundamental concepts of modern physics.

BRUNO CARAZZA

MOCEK, R.

Wilhelm Roux - Hans Driesch:

zur Geschichte der Entwicklungs-physiologie der Tiere

Series: Biographien bedeutender Biologen, Vol. 1
Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1974
229 pp., figs., DM 26,—

Roux e Driesch, oltre ad essere i fondatori della meccanica dello sviluppo (*Entwicklungsmechanik*) o fisiologia dello sviluppo o embriologia sperimentale, sono i rappresentanti di due opposte concezioni della biologia. Roux, con i suoi famosi esperimenti di distruzione di uno dei due primi blastomeri dell'embrione di rana (1888) diede inizio a queste ricerche, e formulò la teoria dello sviluppo a mosaico, dando una interpretazione preformistica e meccanicistica dell'ontogenesi. Driesch, invece, basandosi sui risultati degli altrettanto famosi esperimenti (1891) di separazione dei primi blastomeri dell'uovo di riccio di mare, mise in luce le facoltà regolative che si manifestano durante lo sviluppo, elaborò una teoria vitalistica, e rimise in vigore il concetto e il termine aristotelico di *entelecheia*, per cui è giustamente considerato come il fondatore del neovitalismo, ultima incarnazione del vitalismo classico. Driesch abbandonò poi la ricerca sperimentale e si diede alla filosofia.

La polemica fra le due teorie scientifiche durò a lungo, ma fu poi composta, nel corso dei primi decenni del secolo XX, quando si constatò, sulla base delle risultanze sperimentali, che le due interpretazioni sono in realtà conciliabili.

L'autore di questo saggio fa una analisi delle opere e del pensiero dei due embriologi (di cui riferisce i dati biografici e dà l'elenco delle pubblicazioni) e giunge alla conclusione che il considerarli come rappresentanti rispettivamente del meccanicismo materialistico e del vitalismo è una eccessiva semplificazione di una situazione reale più com-

Roux and Driesch, the founders of Developmental mechanics (*Entwicklungsmechanik*, or Physiology of development or Experimental embryology) are also the representatives of two contrasting conceptions of biology. Roux's famous experiments of destruction of one of the first two blastomeres of the frog embryo (1888) gave the lead to these studies, and were the basis of the theory of mosaic development giving a preformistic and mechanistic interpretation of ontogenesis. Driesch, on the other hand, on the basis of the equally famous experiments (1891) of separation of the first blastomeres of sea-urchin egg, pointed out the regulating faculties that manifest themselves during the development. He built up a vitalistic theory and gave new life to the Aristotelian concept and term *entelecheia*, so that he is justly considered as the founder of neovitalism, the last incarnation of classical vitalism. Driesch later abandoned experimental research and devoted himself to philosophy.

The controversy between the two scientific theories lasted a long time, but the contrast was reconciled during the first decades of the twentieth century, when it became apparent on the basis of experimental results that the two interpretations are actually compatible. The author of this study carries out an analysis of the works and thought of the two embryologists (giving bibliographical data and a list of their publications) and reaches the conclusion that to consider them as representatives respectively of materialistic mechanicism and of vitalism is an over simplification of what is actually a more complex state of affairs. He concludes that both of them were confronted

plessa. Egli conclude che ambedue si trovano di fronte alla dialettica della natura, senza tuttavia possedere la conoscenza filosofica delle leggi della dialettica, ciò che li ha condotti a interpretazioni unilaterali e assolutistiche.

Comunque si voglia considerare questa interpretazione del Mocek, la sua analisi della storia dell'embriologia nella seconda metà del secolo XIX e dell'opera dei due grandi capiscuola, è pregevole e densa di interessanti e stimolanti considerazioni.

with the dialectics of nature, without possessing a philosophical knowledge of the laws of dialectics; thus they were led to unilateral and absolutistic interpretations.

Whatever one may think of this interpretation of Mocek, his analysis of the history of embryology in the second half of the nineteenth century and of the work of the two pioneering figures is of great value and is rich in interesting and stimulating observations.

GIUSEPPE MONTALENTI

BÜNNING, E.

Wilhelm Pfeffer

Series: Grossenaturforscher, Vol. 37
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH, Stuttgart, 1975
166 pp., figs. and tables, DM 27,50

Wilhelm Pfeffer (1845-1920) è celebre soprattutto per le sue ricerche sulla pressione osmotica nelle cellule vegetali. Professore di botanica a Tübingen, dal 1878 al 1887, e poi all'università di Lipsia, fu soprattutto fisiologo, più che morfologo o sistematico. Oltre ai fenomeni osmotici e alla funzione della membrana protoplasmatica semipermeabile, si interessò di numerosi altri argomenti, quali la chemiotassi dei batteri, la sensibilità delle cellule vegetali agli stimoli, l'azione della temperatura e della luce sulle piante, problemi di energetica, a proposito dei quali assume una posizione meccanicistica, respingendo l'ipotesi che negli organismi esistano forme speciali di energia, diverse da quelle che agiscono nel mondo inorganico. Egli fu anche l'iniziatore degli studi sui ritmi biologici sia a periodicità giornaliera, sia a periodicità annuale, studi che, trascurati per molti anni, sono attualmente in fase di vivace ripresa. Grande è stata l'influenza dello Pfeffer nelle scienze biologiche, anche per la sua eccezionale attività di maestro: Bünning assicura che ebbe non meno di 265 allievi e collaboratori. Questa biografia con l'elenco delle pubblicazioni dello Pfeffer e dei suoi collaboratori, presenta la figura di questo biologo vissuto nell'epoca del positivismo e ne riassume in forma facilmente comprensibile i principali lavori scientifici.

Wilhelm Pfeffer (1845-1920) is mainly renowned for his researches into osmotic pressure in vegetable cells. Professor of Botany at Tübingen from 1878 to 1887 and later at Leipzig, he was above all a physiologist rather than a morphologist or a taxonomist. Apart from osmotic phenomena and the function of the semipermeable protoplasmic membrane, he had a wide range of interests including the chemiotaxis of bacteria, the sensitivity to stimuli of vegetable cells, the action of temperature and light on plants, and problems of energy, towards which he adopts a mechanistic position, rebutting the hypothesis that organisms contain special forms of energy, different to those acting in the inorganic world. He was the first to study biological rhythms of both daily and annual periodicity, but this field of research was ignored for many years, until recently it has been widely appreciated. Pfeffer's influence in the biological sciences was considerable, not least for his extraordinary activity as a teacher and guide: Bünning states that his pupils and collaborators numbered not less than 265. This biography, with its list of Pfeffer's and his collaborators' publications, offers a picture of the biologist who lived in the midst of positivism, and summarizes his main scientific works in an easily accessible form.

GIUSEPPE MONTALENTI

WALLACE, W. A.

Causality and Scientific Explanation, Vols. 1 and 2

The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1972, 1974
XII + 288 pp. and XII + 422 pp., $ 12.00 and $ 14.00 respectively

Il principio di causalità, fondamento della interpretazione scientifica, dei fenomeni naturali, è studiato in quest'opera nel suo sviluppo storico. Il primo volume si apre con una introduzione in cui è riassunta l'eredità che il mondo medioevale e moderno ha ricevuto dalla antichità classica, in particolare da Aristotele, il quale tratta ampiamente i problemi della causalità nella *Analitica seconda*. Questo libro ha influenzato profondamente il pensiero medioevale, che l'autore studia soprattutto nelle espressioni che ha avuto nei secoli XIII e XIV nelle università di Oxford (Grosseteste, Ruggero Bacone, William of Ockham, ecc.), di Parigi (Tommaso d'Aquino, Buridan, Oresme, ecc.) e di Padova (Paolo Veneto, Agostino Nifo, Jacopo Zabarella, ecc.). Il primo volume si conclude con un capitolo dedicato ai fondatori della scienza moderna nel sec. XVII (Galileo, Harvey, Newton), nel quale è illustrata la continuità metodologica fra il pensiero dei filosofi medioevali e degli scienziati del Rinascimento.
Il secondo volume ha inizio con l'esposizione dei teorici della scienza classica, cioè dei filosofi che ne hanno analizzato i principi di base e la struttura logica: da Descartes, a Hobbes, a Leibniz, fino a Kant. Particolarmente interessanti le pagine dedicate a Hume e alla celebre critica che alla teoria di questo filosofo sulla causalità mosse Thomas Reid. Il secondo capitolo è dedicato ai metodologi della scienza classica, da Francesco Bacone agli scienziati e ai filosofi dell'Ottocento: Comte, Herschel, Whewell, Stuart Mill, Claude Bernard.
Nella seconda parte del volume l'autore intraprende il difficile compito di riassumere il pensiero degli scienziati e dei filosofi con-

In this work the principle of causality, i.e. the foundation of scientific interpretation of natural phenomena, is studied in its historical development. The first volume opens with an introduction that summarizes the legacy that the medieval and modern world received from classical antiquity, especially from Aristotle who treated the problem of causality fully in his *Posterior Analytics*. This book profoundly influenced medieval thought, which Wallace studies particularly in its expression during the thirteenth and fourteenth centuries at Oxford University (Grosseteste, Roger Bacon, William of Ockham, etc.), in Paris (Thomas Aquinus, Buridan, Oresme, etc.) and in Padua (Paolo Veneto, Agostino Nifo, Jacopo Zabarella, etc.). The first volume ends with a chapter devoted to the founders of modern science in the seventeenth century (Galileo, Harvey and Newton). The chapter illustrates the methodological continuity between the thought of medieval philosophers and Renaissance scientists.
The second volume begins with an exposition of the theoreticians of classical science, that is, of philosophers who analyzed its basic principles and logical structure from Descartes to Hobbes, to Leibniz up to Kant. Of particular interest are the pages devoted to Hume and to the famous criticism moved by Thomas Reid to Hume's theory of causality. The second chapter is devoted to the methodologists of classical science from Francis Bacon to the nineteenth century scientists and philosophers, including Comte, Herschel, Whewell, Stuart Mill and Claude Bernard.
In the second part of the volume, Wallace undertakes the difficult task of summarizing

temporanei, dai primi segni del decadimento del principio di causalità, con la contrapposizione della probabilità alla certezza, fino al principio di indeterminazione di Heisenberg, alla teoria della relatività e alla teoria dei quanti.

Nell'ultimo capitolo, dedicato alla causalità nella scienza contemporanea, il discorso viene separato in due parti che si riferiscono rispettivamente alle scienze fisiche e alle scienze biologiche e sociali. In queste, infatti, mentre da un lato non si presenta (o non si è presentato fino a tempi recentissimi) il problema dell'indeterminismo al livello submicroscopico (atomico e molecolare), dall'altro si pone un diverso grave problema: la finalità dei processi biologici. Questo era stato risolto, *ab antiquo*, facendo appello alla causa finale aristotelica. Tale interpretazione teleologica non si accorda con le interpretazioni causali della scienza classica, galileiana e newtoniana, e perciò aveva sempre costituito un elemento di discrepanza, un impedimento a raggiungere la unitarietà del pensiero scientifico. Oggi questa antinomia si può risolvere grazie alla interpretazione darwiniana basata sulla selezione naturale.

Questo *excursus* storico del problema della causalità nel pensiero medioevale, rinascimentale e moderno, frutto di studi molto accurati è basato su di una amplissima documentazione, è molto interessante e illumina su diverse questioni che soprattutto agli scienziati, sono poco chiare. Fra queste la dimostrazione della continuità fra il pensiero medioevale e quello degli scienziati del Rinascimento è forse il più rilevante.

the thought of contemporary scientists and philosophers, from the first signs of the degeneration of the causality principle, with the conflict between probability and certainty, to Heisenberg's principle of indeterminism, to the theory of relativity and the quantum theory.

In the last chapter, devoted to causality in contemporary science, the discussion is divided into two parts that refer respectively to the physical sciences and to the biological and social sciences. In the latter sciences the problem of indeterminism on the submicroscopic level (atomic and molecular) has not appeared (not until very recent times), but on the other hand, a different and serious problem has appeared: that is, the finalism of biological processes. This had been resolved, long ago, by referring to the Aristotelian final cause. This teleological interpretation does not agree with the causal interpretation of classical, Galileian and Newtonian science, and thus was always a cause of discrepancy and an impediment for reaching unity in scientific thought. Today this antinomy can be solved thanks to the Darwinian interpretation based on natural selection.

This historical excursus into the problem of causality in medieval, Renaissance and modern thought is the product of very detailed studies and is based on vast documentation. It is very interesting and sheds light on various question that, especially for scientists, are not always very clear. Among these the demonstration of the continuity between medieval thought and that of Renaissance scientists is perhaps the most important point.

GIUSEPPE MONTALENTI

*** *Geographers: Biobibliographical Studies, Vol. 1*

Mansell, London, 1977
XII + 125 pp., figs. and tables, £ 12.50

Finora per valutare l'evoluzione della scienza geografica è prevalso l'indirizzo rivolto allo studio delle scoperte e delle esplorazioni, mentre si è data minor importanza all'umanizzazione della terra e alle relazioni dell'uomo con l'ambiente. È ora proposito della Commission of the History of Geographical Tought, creata nel 1968 a Nuova Dehli in seno all'Unione Geografica Internazionale e presieduta dal francese Prof. Pinchemel, di contribuire alla storia della geografia pubblicando una serie di studi bibliografici allo scopo di mostrare il contributo portato da singoli geografi, tenuto conto che solo ai maggiori sono stati dedicati studi particolari, mentre per gli altri occorre ricorrere alle note necrologiche stese in occasione della loro morte oppure ai brevi cenni inseriti nelle enciclopedie.

Il volume che viene ora pubblicato contiene 18 monografie di geografi vissuti nel XIX e XX secolo, stese da autori diversi (per lo più del medesimo paese dell'autore trattato) seguendo uno schema uniforme: 1) studi compiuti, vita e opere; 2) indirizzo scientifico e pensiero geografico; 3) influenza esercitata. Segue l'indicazione dei necrologi a suo tempo pubblicati e delle opere che parlano di essi; quindi un elenco degli scritti, ripartiti per argomenti; una tabella riassuntiva facilita la localizzazione nel tempo e nel campo della scienza geografica. Di ciascuno viene dato anche il ritratto.

Il carattere internazionale dell'impresa risulta dai paesi dei biografati: 5 inglesi (Gillman, Mill, Ravenstein, Rennell, Smith), 4 francesi (Blache, Himly, Schrader, Weulersse), 4 statunitensi (Bowman, Brooks, Gilbert, Maury), e poi un rappresentante ciascuno: giapponese (Yamasaki), malese (Ho),

Hitherto, in order to assess the evolution of geographical science, the prevalent approach has been through a study of discoveries and explorations, whereas less importance has been given to the 'humanisation' of the earth and to man's relations with his environment. Now the Commission of the History of Geographical Thought, set up in New Delhi as part of the International Geographical Union and headed by the Frenchman Prof. Pinchemel, has proposed to contribute to the history of geography by publishing a series of bibliographical studies for the purpose of showing the contribution made by individual geographers. But it must be borne in mind that particular studies are devoted only to the major names; for the others, reference must be made to the obituary notices issued on the occasion of their death, or to the brief notes given in encyclopedias.

The present volume contains 18 monographs devoted to geographers that lived in the XIX and XX centuries, written by various authors (mostly belonging to the same country as the geographer) and following a uniform scheme: 1) Studies carried out, life and works; 2) Scientific approach and geographical ideas; 3) Influence on others. There follows an indication of the obituaries published and of the works in which they are mentioned; a list of writings, arranged according to subject; and a summarising table that enables the reader to locate these writings, with their date and the particular field of geographical science. A photograph of each geographer is also included.

The international character of the enterprise may be seen from the countries of origin of the geographers: 5 English (Gillman, Mill, Ravenstein, Rennell and Smith), 4 French (Blache, Himly, Schrader and Weulersse),

polacco (Romer), romeno (Mehedintzi), russo (Komarov). Mancano invece tedeschi e italiani. In alcuni casi si tratta di personalità ben note, ma più spesso di geografi che, pur avendo portato contributi notevoli al pensiero geografico, tendono a esser passati sotto silenzio, mentre invece la loro opera continua ad avere influenza. Alcuni indici (dei nomi di persona, degli organismi nei quali i geografi hanno operato, dei soggetti trattati) agevolano le ricerche, anche per quanto riguarda i rapporti interdisciplinari, che non devono mai esser trascurati. Esprimiamo l'augurio che seguano presto altri volumi.

4 American (Bowman, Brooks, Gilbert and Maury) and one from Japan (Yamasaki), Malaysia (Ho), Poland (Romer), Romania (Mehedintzi) and Russia (Komarov). On the other hand, there are none from Germany or Italy. In some cases the names are well-known ones, but more often they are geographers who, although they have made considerable contributions to geographical ideas, tend to be passed over in silence, whereas their work continues to have an influence. Various indexes (of names, of organisms in which the geographers have worked, and of subjects) make this a handly reference volume, also as regards relations between the various disciplines, which should never be ignored. Let us hope that this volume will soon be followed by others.

ELIO MIGLIORINI

REKTORYS, K.

Variational Methods in Mathematics, Science and Engineering

D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1977
571 pp., Dfl. 135,—

Come è ben noto, la soluzione rigorosa e completa di svariati problemi di fisica e di ingegneria richiede l'uso di tecniche matematiche avanzate e, in modo particolare, la conoscenza della moderna analisi funzionale. Senonché lo studio di questo capitolo della matematica è certamente assai arduo, specie per coloro che non sono matematici di professione. Ci si imbatte, così, in uno dei più delicati aspetti di quell'eterno problema che è il rapporto tra la matematica pura e quella applicata alla tecnologia ed alla fisica. È chiaro che questo problema presenta anche profonde implicazioni sul piano didattico. A questo livello, tuttavia, si può sperare di ottenere una soluzione ragionevole del problema, cercando di costruire un linguaggio interdisciplinare, che accanto alle richieste di precisione e rigore necessarie ad un discorso matematico, soddisfi quella domanda di chiarezza e comprensibilità indispensabili al fisico ed all'ingegnere. Il trattato di Karel Rektorys è un ottimo esempio in questo senso. Lo scopo esplicito di questo volume è di fornire quelle conoscenze di analisi funzionale generale, con particolare riferimento al calcolo variazionale, che sono oggi indispensabili ad un ingegnere o ad un fisico. Il trattato è molto vasto ed è chiaro e rigoroso nello stesso tempo.
Il libro di circa 600 pagine è articolato in 6 parti ed è composto da ben 47 capitoli. La prima parte, composta da 8 capitoli, è dedicata allo spazio di Hilbert (premessa indispensabile per ogni argomento di analisi funzionale). La seconda parte, composta da 9 capitoli, tratta dei metodi variazionali in generale partendo dal teorema sul minimo di un funzionale quadratico. La terza parte, composta da 10 capitoli, tratta delle appli-

As is well known, the rigorous and complete solution of various problems in physics and engineering requires the use of advanced mathematical techniques, and especially the understanding of modern functional analysis. The study of this area of mathematics is very arduous, particularly for those who are not mathematicians by profession. Here, we come across one of the most delicate aspects of that eternal problem: the relationship between pure mathematics and mathematics applied to technology and physics. It is clear that this problem also has profound implications on the didactic level. Nevertheless, one can hope to obtain a reasonable solution to the educational problem by trying to build an interdisciplinary language, that in addition to providing the precision and rigor necessary for a mathematical discussion, will satisfy the demand for clarity and comprehensibility that are indispensable for the physicist and engineer. This treatise by Karel Rektorys is an excellent example of the fulfilment of these requisites. The explicit purpose of this volume is to provide knowledge on general functional analysis, with particular reference to variational calculus, both of which are indispensable for an engineer or a physicist today. The treatise is very broad and at the same time is clear and rigorous.
This 600 page book is divided into 6 parts and is composed of 47 chapters. The first part, containing 8 chapters, is devoted to Hilbert space (an indispensable premise for any area of functional analysis). The second part, containing 9 chapters, deals with variational methods in general, starting with the theorem on the minimum of a quadratic functional. The third part, containing 10

cazioni dei metodi variazionali alla soluzione dei problemi al contorno nelle equazioni differenziali ordinarie ed alle derivate parziali. La parte quarta, composta da 9 capitoli, studia i problemi al contorno nelle equazioni differenziali usando il teorema di Lax-Milgram. La parte quinta, costituita da 5 capitoli, è dedicata al problema degli autovalori. Infine la parte sesta, composta da 6 capitoli, è una miscellanea di metodi speciali. Come si vede dall'impianto dell'opera si tratta di un trattato molto vasto che contiene anche risultati originali dell'autore.
Questo volume può essere usato utilmente sia come libro di testo, sia come trattato da consultarsi. In particolare lo suggeriamo ai docenti dei Corsi di Metodi Matematici della Fisica. Infatti i primi 17 capitoli, dedicati allo spazio di Hilbert ed ai metodi variazionali in generale, possono senz'altro costituire una considerevole parte del programma del corso di Metodi Matematici, quale viene impartito agli studenti del 3° anno del corso di laurea in Fisica. Altre parti più avanzate del trattato possono costituire, infine, una ottima base per un corso di Metodi Matematici da tenersi a livello di scuola di perfezionamento post-laurea.

chapters, treats the application of variational methods for the solution of contour problems in ordinary differential equations and partial derivatives. The fourth part, containing 9 chapters, studies contour problems in differential equations using the Lax-Milgram theorem. The fifth part, containing 5 chapters, is devoted to the problem of 'eigenvalues'. Finally, the sixth part, containing 6 chapters, is a mixture of special methods. As one can see from the organization of the work, we are dealing with a vast treatise that also contains author's original results. This book can be of use both as a text book and as a reference book. I recommend it particularly to students in courses on mathematical methods of physics. In fact, the first 17 chapters, devoted to Hilbert space and variational methods in general, can easily form a considerable portion of a course in mathematical methods taught to third year physics students. The more advanced parts of the book could provide an excellent basis for a course in mathematical methods on a post graduate level.

GIANALBERTO VIANO

CHORLTON, F.

Vector & Tensor Methods

Series: Mathematics and its Applications
Ellis Horwood Publisher, Chichester, 1976
335 pp., tables, £ 3.50

Il libro appartiene ad una serie dedicata alla matematica applicata, curata dal Prof. G. M. Bell dell'Università di Londra. Il programma della serie è quello di fornire testi chiari e concisi al pubblico sempre più vasto di coloro che devono usare metodi matematici anche notevolmente sofisticati; infatti, grazie alla sempre più ampia diffusione di calcolatori di grande potenza, si è avuta una rapida crescita delle applicazioni della matematica non solo in campi tradizionali come la fisica, l'ingegneria e la statistica ma anche in campi nuovi come la biologia, l'ecologia, ecc.

Il libro di F. Chorlton tratta, a livello di un corso universitario, la teoria e le applicazioni dell'analisi vettoriale e tensoriale; si rivolge essenzialmente a studenti in ingegneria, fisica matematica e matematica applicata, orientati verso un'attività di ricerca in aerodinamica, analisi degli sforzi, radioonde, ecc.

Le varie questioni trattate nel libro costituiscono da tempo un settore classico della fisica matematica e non mancano certo trattati in cui esse vengono ampiamente esposte. Tuttavia il libro va segnalato, specialmente al lettore italiano, sia per la chiarezza espositiva sia perché pone lo studente in grado di arrivare rapidamente ad una notevole varietà di applicazioni dei metodi matematici sviluppati. Si tratta dunque di un testo universitario pregevole in cui si cerca di utilizzare al meglio l'esperienza acquisita dall'autore in numerosi anni di insegnamento. Ed a questo proposito non si può fare a meno di osservare che, tranne rare eccezioni, libri con queste caratteristiche vengono raramente prodotti da docenti universitari italiani. Poiché non si può negare l'esistenza di docenti di valore, la causa della suddetta carenza va piuttosto ricercata in gravi stor-

This book belongs to a series devoted to applied mathematics edited by Professor G. M. Bell of the University of London. The purpose of the series is to provide clear and concise texts for an expanding population that uses mathematical methods that are also quite sophisticated. Thanks to the increasing spread of high powered computers, there has been a rapid growth in the applications of mathematics not only in traditional fields such as physics, engineering and statistics, but also in new fields such as biology and ecology.

F. Chorlton's book deals with the theory and applications of vector and tensor analysis on a university course level. It is essentially aimed at students of engineering, mathematical physics and applied mathematics who are oriented towards research in aerodynamics, stress analysis and radio waves, etc.

The various questions handled in the book have for a long time constituted a classical section of mathematical physics and there is no lack of works in which they have been amply discussed. Nevertheless, this book should be pointed out, especially to an Italian reader, both because of its clear exposition and because it rapidly gives a student access to a great variety of applications of the mathematical methods developed. This is a university text worthy of merit which tries to make the best use of the author's experience gained over many years of teaching. And still on this topic, one cannot help remarking that, aside from rare exceptions, books with these characteristics are rarely produced by Italian university scholars. Since one cannot deny the existence of valuable scholars, this scarcity must indicate that something is seriously amiss in the Italian university structure.

The book is divided into two parts. The

ture della struttura universitaria italiana.
Il libro si articola in due parti. I primi tre capitoli della prima parte si riferiscono all'algebra vettoriale e alla geometria solida; i restanti quattro capitoli sviluppano l'analisi vettoriale giungendo fino ai classici teoremi della divergenza e di Stokes.
La seconda parte del libro è dedicata alle applicazioni dei metodi vettoriali. L'ottavo e il nono capitolo sono dedicati agli elementi fondamentali della teoria del potenziale, il nono ad applicazioni alla idrodinamica e il decimo ad applicazioni all'elettromagnetismo. Finalmente gli ultimi capitoli contengono sviluppi del calcolo tensoriale con applicazioni alla cinematica dei fluidi, all'equazione di Navier-Stokes e alla analisi degli sforzi elettrostatici e magnetostatici.

first three chapters of the first part deal with vector algebra and solid geometry. The remaining four chapters develop vector analysis until they reach the classic divergence theorem and Stokes's theorem.
The second part of the book is devoted to the application of vector methods. The eighth and ninth chapters deal with the fundamental elements of the theory of potentials. The ninth chapter is concerned with applications to hydrodynamics and the tenth deals with applications to electromagnetism. Finally, the last chapters contain developments of tensor calculus with applications to fluid mechanics, to the Navier-Stokes equation and to the analysis of electrostatic and magnetostatic stress.

MARIO BERTERO

MITRA, G.

Theory and Application of Mathematical Programming

Academic Press, London, 1976
IX + 214 pp., figs., £ 8.20

Potrebbe essere oggetto di curiose riflessioni la diffusione che ha avuto il termine 'programmazione' in vari settori, con significati spesso anche sostanzialmente diversi. Si prescinde qui dai suoi usi, più o meno prossimi a quelli del termine 'pianificazione', relativi al settore della politica, dell'economia, etc. e ci si limita a osservare che, nel campo della matematica applicata, il termine è stato impiegato con due significati completamente differenti; il più noto, anche al largo pubblico, è quello relativo alla compilazione di programmi per elaboratori elettronici, campo eminentemente applicativo ma non privo di implicazioni teoriche, che hanno dato luogo a sviluppi concettuali di notevole rilievo; oltre che con questo significato il termine programmazione viene però utilizzato in modo completamente indipendente in espressioni come Programmazione Lineare, Programmazione Quadratica, Programmazione Non-lineare, Programmazione Intera, Programmazione Dinamica, Programmazione Geometrica e in quella di Programmazione Matematica, che le comprende tutte. In questi contesti il termine Programmazione è strettamente collegato con quello di Ottimizzazione e consiste, più o meno grossolanamente, nella ricerca di estremi (massimi o minimi) di funzioni su un dominio limitato (detto spesso dominio ammissibile): questo è infatti il modello matematico al quale si riconducono molti problemi di uso efficiente (« allocazione ottima ») di risorse limitate; per tale motivo si dice spesso che la Programmazione Matematica è una parte (o, piuttosto, uno strumento) della Ricerca Operativa. La Programmazione Matematica, nella forma di Programmazione Lineare, si fa usualmente risalire al 1947, anno in cui G. B. Dantzig propose l'algoritmo del simplesso per la ricerca di massimi (o minimi) di una

It could be interesting to reflect on the spread through various fields of the term 'programming' with its often substantially different meanings. Here we shall set aside its significance of 'planning', related to the political and economic sector, and limit ourselves to the observation that, in the field of applied mathematics, the term has been used with two completely different meanings.

The better known meaning, familiar also to the public at large, refers to the compilation of programs for electronic computers, a predominantly applied field that however has no lack of theoretical implications which have led to conceptual developments of considerable importance. In addition to this meaning, the term programming is also used completely independently in expressions such as linear programming, quadratic programming, non-linear programming, integer programming, dynamic programming, geometric programming and mathematical programming, which includes all the others. In these contexts, the term programming is strictly linked with optimization and roughly speaking refers to research of extrema (maxima or minima) of functions in a limited domain (often called feasible domain). This in fact is the mathematical model to which many problems may be reduced for an efficient use (optimal allocation) of limited resources. Because of this, one often says that mathematical programming is part of (or, rather a tool for) operational research. Mathematical programming in the form of linear programming traditionally goes back to 1947, to the year in which G. B. Dantzig proposed the simplex algorithm for the study of maxima (or minima) of a linear form, subject to constraints expressed by linear equalities or inequalities. Thus the develop-

forma lineare, sottoposta a vincoli espressi da equazioni o disequazioni lineari. Gli sviluppi della programmazione matematica, dunque, sono contemporanei agli sviluppi dell'elaborazione automatica delle informazioni e questo parallelismo (che rende curioso l'uso dello stesso termine con significati diversi in campi legati fra loro, e che talora — si potrebbe aggiungere maliziosamente — è anche causa di qualche equivoco fra i non addetti ai lavori) non è privo di motivi; se, infatti, non vi sono legami concettuali diretti fra la programmazione matematica e la programmazione degli elaboratori elettronici è però vero che problemi importanti e di interesse pratico concreto di programmazione matematica non potrebbero essere affrontati senza ricorrere all'elaborazione automatica. La bibliografia sull'argomento è vastissima e, in essa, molto numerose sono anche le opere di carattere didattico disponibili in varie lingue; ciò tuttavia non ha costituito una remora per l'autore del volume che qui si considera il quale, nella prefazione, afferma in proposito di essersi comportato come un buon Indù, sempre pronto ad accettare un nuovo punto di vista ma mai restio a far presente il proprio. Il volume rielabora materiale didattico messo a punto per un corso tenuto dall'autore al Queen Mary College, della University of London, ed utilizzato poi anche per il corso che egli tiene alla Brunel University, per gli studenti di matematica dell'ultimo anno di quella Università.

Il volume presenta, in modo sintetico ma efficace, problemi, metodi e applicazioni della Programmazione Matematica, con lo scopo di conseguire l'opportuno equilibrio fra la parte teorica e quella applicativa, in rapporto alla diversa importanza che esse hanno per i vari argomenti trattati. Dopo un primo capitolo di inquadramento, dedicato a mettere in evidenza come si possa pervenire ad una formulazione matematicamente corretta di problemi di ottimizzazione, il volume dedica una prima parte alla Programmazione Lineare (in particolare al metodo del simplesso, al cosiddetto metodo del simplesso riveduto e alla teoria della dualità)

ments in mathematical programming are contemporary with the developments in automatic information processing. This parallel between the said scientific and technical fields (which makes the use of the same term with different meanings in related fields rather peculiar, and one could maliciously add that sometimes it is also the cause of some arguments among those not working in the field) is not without motive. If, in fact, there are not direct conceptual links between mathematical programming and the programming of electronic computers it is still true that important problems of concrete practical interest for mathematical programming could not be handled without referring back to the development of automatic processing. The existing bibliography on this topic is very large, and in it there are great numbers of educational works available in various languages. However, this did not pose an impediment for G. Mitra. In the preface, the author states that he has acted as a good Hindu, always ready to accept a new point of view but never too shy to present his own. The book reworks educational material that was prepared for a course given by the author at Queen Mary College of the University of London and for the course he gave at Brunel University, for final year students of that university.

In an effective synthesis, the book presents the problems, methods and applications of mathematical programming with the intent to achieve the appropriate balance between theory and application, in relation to the varying importance they have for the subject treated. After an introductory chapter devoted to showing how one can achieve a mathematically correct formulation of optimization problems, the volume devotes a first section to linear programming (especially to the simplex method, to the so-called revised simplex method and to duality properties). The second part deals with non-linear programming.

Here the author only presents algo-rithms that are fundamentally important from

ed una seconda parte alla Programmazione Non-lineare; in questa vengono presentati solo gli algoritmi concretamente importanti dal punto di vista computazionale e i problemi per la soluzione dei quali tali algoritmi sono utilizzati. Non vengono trattati espressamente i problemi di flusso in reti di trasporto, anche in rapporto alla convinzione dell'autore (non accettata da tutti ma condivisa da studiosi autorevoli) relativa all'opportunità di affrontarli, nell'ambito dei metodi presentati, ricorrendo ad alcuni algoritmi recentemente proposti. Il volume è corredato da un elenco di 56 riferimenti bibliografici e da tre appendici; la prima di queste è dedicata a richiami matematici, le altre due a problemi computazionali. Manca l'indice analitico; in corrispondenza ai singoli capitoli sono però indicate le parole chiave.

the computing standpoint and problems whose solutions require such algorithms. Mitra does not deal with the problems of flow in transportation networks due to his views (not accepted by all but shared by some informed scholars) regarding the appropriateness of dealing with them in the context of the methods presented, with reference to certain recently proposed algorithms. The text is followed by a list of 56 bibliographical references and three appendices. The first appendix is devoted to some mathematical background, the other two contain computing problems. The book lacks a subject index but key words are listed for each chapter.

ANTONIO LEPSCHY

LEDERMANN, W.

Introduction to Group Characters

Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIII + 174 pp., £ 3.30

Di W. Ledermann si conosce da tempo una agile *Introduzione alla Teoria dei Gruppi Finiti* (pubblicata in Italia da Cremonese nel 1967), in cui inevitabili limitazioni e drastiche scelte sono ampiamente compensate dalla coerenza della trattazione e dalla limpida chiarezza dell'esposizione. Simili caratteristiche si riscontrano in questo volumetto, che contiene una chiara e a tratti brillante descrizione dei fondamenti della teoria dei caratteri dei gruppi finiti.
La teoria dei caratteri nasce sul finire del secolo scorso ad opera di G. Frobenius, e conosce rapidamente decisivi sviluppi ad opera dello stesso Frobenius, di I. Schur e altri. Il suo ambito naturale è la teoria della rap-

We are already familiar with W. Ledermann's clear *Introduction to the Theory of Finite Groups* (Oliver and Boyd, London, published in Italy by Cremonese in 1967). In it, the inevitable limitations and drastic selection are fully compensated for by the coherence of the discussion and the sparkling clarity of the writing. We find similar characteristics in this little volume that contains a clear and, at points, brilliant description of the fundamentals of the theory of finite group characters. Character theory arose at the end of the last century under G. Frobenius, and rapidly underwent decisive developments through the work of Frobenius himself, I. Schur and others. Its natural

presentazione dei gruppi e delle algebre associative: ad ogni rappresentazione di un gruppo si associa un 'carattere', consistente in una sequenza di numeri complessi che la individuano completamente. In tal modo, le caratteristiche strutturali di un gruppo risultano legate a invarianti numerici, di cui si può sviluppare un calcolo, ricavando notevoli informazioni sul gruppo stesso. Per sua natura dunque, la teoria dei caratteri presuppone e interseca diverse teorie algebriche, come la teoria algebrica dei numeri, la teoria di Galois, e, indispensabile questa per una trattazione unitaria ed elegante, la teoria dei moduli. Si aggiunga che un ulteriore approfondimento e anche la creazione *ex novo* di supporti algebrici alla teoria sono stati richiesti quando, in tempi recenti, la teoria 'classica' della rappresentazione è stata estesa dal caso complesso a rappresentazioni su un campo arbitario.

Di fronte a tutto ciò, la natura introduttiva della trattazione e l'intento di renderla per quanto possibile autosufficiente impongono a Ledermann alcune opzioni radicali. In primo luogo, quella di tenersi sul terreno della teoria 'classica', relativa a rappresentazioni sul campo dei numeri complessi, che consente di porre rapidamente l'accento sui caratteri, e sugli aspetti più direttamente operativi della teoria, come il computo delle tavole dei caratteri, che viene esplicitamente condotto nel caso di diversi gruppi ad un tempo accessibili e interessanti. In secondo luogo viene fatta la scelta di limitare il corredo di teorie e concetti algebrici, rinunciando ad un loro impianto generale, e introducendone invece gli elementi indispensabili con gradualità, quando di volta in volta se ne presenta naturalmente la necessità. In terzo luogo, infine, si rinuncia a tutta una serie di capitoli della teoria, ancorché di notevole importanza, a vantaggio dello sviluppo di alcuni argomenti, come l'analisi dei caratteri del gruppo simmetrico, in direzione dei quali convergono le articolazioni teoriche poiché sono ritenuti particolarmente adatti a esemplificazioni e applicazioni.

Dentro questi confini, l'Autore riesce a pro-

setting is the representation theory of groups and associative algebras: each representation of a group is associated with a 'character' consisting of a sequence of complex numbers that completely determine it. Thus, the structural characteristics of a group are linked to numerical invariants, from which one can develop a computational technique, extracting considerable information on the group itself. Thus by its nature, character theory presupposes and intersects various algebraic theories such as algebraic number theory, Galois theory and, indispensable for unitary and elegant handling, module theory. In addition, further development and also the *ex novo* creation of algebraic supports to the theory were required when, recently, 'classic' representation theory was extended from the complex case to representations on an arbitrary field.

In view of this, the introductory approach to the presentation of the subject and the intent to make it as self-sufficient as possible, impose some radical choices on Ledermann. First, he keeps to the 'classical' theory (i.e. representations on the field of complex numbers), which allows him to get down to characters and quickly stress the most operative aspects of the theory, such as the computation of character tables, which is explicity carried out in the case of several groups that are both accessible and interesting. Secondly, he decides to limit the background of algebraic theories and concepts, not putting them in a general setting, and instead introducing the indispensable elements gradually as the are needed. Thirdly, he abandons a whole series of chapters on theory, though they are of considerable importance, in favour of the development of certain topics (such as the analysis of the characters of the symmetric group), towards which theoretical articulations lead, since they are considered particularly suited for examples and applications.

Within these limitations, the author succeeds in making clear and vivid progress, showing style and personality. Thus, in the first part,

cedere in modo articolato e vivace, e a fare emergere stile e personalità. Così, nella prima parte, dove espone le proprietà elementari di rappresentazioni e caratteri, mantiene un conveniente parallelismo, utilizzando di volta in volta il linguaggio dei moduli e quello delle matrici, più 'vecchio' quest'ultimo, ma utile nelle applicazioni concrete. Ancora, trattando i caratteri del gruppo simmetrico, sviluppa la teoria delle funzioni generatrici di Frobenius e delle funzioni di Schur, si riferisce cioè alle memorie 'seminali' sull'argomento, il cui contenuto non è generalmente accessibile in un testo moderno, e ne mette in luce l'alto valore creativo. Infine, Ledermann pone cura particolare agli esempi concreti, che dispone, oltre che all'interno del testo, in un'interessante raccolta d'esercizi, di cui fornisce le soluzioni.

where he explains the elementary properties of representations and characters, he maintains an appropriate parallel, by using module and matrix language, the latter being 'older' but useful in concrete applications. Also, dealing with characters of the symmetric group, he develops Frobenius's theory of generating functions and the theory of the Schur functions, that is, he refers to the 'seminal' memories on the subject, whose content is not generally accessible in a modern text, and he brings to light its high creative value. Finally, Ledermann takes particular care over concrete examples, spread over the whole text, in an interesting collection of exercises whose solutions are also provided.

LINO DI MARTINO

COHN, P. M.

Skew Field Constructions

Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 27
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XII + 253 pp., tables, £ 7.50

Se la teoria dei corpi non commutativi (o corpi sghembi, o anelli con divisione), la cui origine può farsi risalire alla costruzione del corpo dei quaternioni (W. R. Hamilton, 1843), è stata ampiamente sviluppata, limitatamente al caso di corpi finitamente dimensionali sul proprio centro, a partire dagli anni '30 (Hasse, Brauer, Noether, ecc.), solo in tempi recenti essa ha ricevuto decisivi impulsi nel caso generale.
Il libro di P. M. Cohn è appunto un'estesa e aggiornatissima esposizione dello stato attuale della teoria, scritta da uno specialista che ha grandemente contribuito al suo sviluppo negli ultimi due decenni. L'obiettivo dell'Autore è quello di arrivare ad esporre, in modo sufficientemente dettagliato, anche risultati profondi di recente acquisizione, non apparsi sinora in veste sistematica, de-

The theory of skew fields (also called division rings) can be traced back to the construction of quaternions (W. R. Hamilton, 1843). Since the 1930's the theory has been broadly developed, though limited to the case of fields that are finite dimensional on their own center (Hasse, Brauer, Noether, etc.). Only in recent times has the theory made decisive progress in the general case. The book by P. M. Cohn is an extensive and very up-to-date exposition on the present state of the theory. It is written by a specialist who has greatly contributed to the development of the theory in the last two decades. The author's purpose is to express in a sufficiently detailed manner even the recent profound results which as yet have not been presented systematically. He does so with originality and shows the widest ramifica-

scrivendoli con originalità ed evidenziandone le più ampie connessioni. La trattazione non ha peraltro ambizioni di completezza, o di particolare ordine ed eleganza formale; ciò per la struttura dell'esposizione, tipicamente da '*lecture notes*', destinata ad un uso 'attivo' e ad orientare rapidamente sulle linee di tendenza aperte alla ricerca nel campo specifico. Vi sono vantaggi in una simile impostazione: notevole agilità e immediatezza, e la capacità di organizzare in uno spazio limitato una massa cospicua di nozioni, metodi, risultati, legandoli a branche diverse della matematica e della logica (es. teoria dei modelli).

Il nodo centrale del testo è costituito dalla costruzione del 'coprodotto', la cui importanza conviene brevemente illustrare. Nel caso commutativo, è ben noto che un anello risulta immergibile in un campo da esso generato (il 'campo dei quozienti' dell'anello), se e solo se è un dominio d'integrità, e tale immersione è unica a meno d'isomorfismi. Nel caso sghembo, si ha un fondamentale risultato di Cohn (cfr. P. M. Cohn, *Free Rings and Relations*, Academic Press, 1971) relativamente a una classe molto generale di anelli, i *semifirs* (anelli in cui tutti gli ideali destri (sinistri) finitamente generati sono liberi e di rango unico). Precisamente: ogni *semifir* ammette un corpo dei quozienti universale (nel senso che ogni altro corpo dei quozienti è una sua specializzazione). Siffatto teorema d'immersione viene succintamente descritto nel libro in esame, e quindi applicato alla importante sottoclasse dei *firs* (anelli in cui tutti gli ideali sono liberi di rango unico, '*free ideal rings*'), che comprende ad esempio le algebre libere su un corpo, le algebre-gruppo dei gruppi liberi e i prodotti liberi (coprodotti) di corpi. In particolare, è al corpo universale dei quozienti di un coprodotto di corpi che l'Autore dà il nome di '*field coproduct*', o semplicemente 'coprodotto'. A tale costruzione si appoggiano i restanti punti fondamentali della trattazione, in particolare un'analisi esauriente delle estensioni di corpi sghembi (con l'introduzione dei corpi esistenzialmente chiusi, che forniscono fra l'altro un esempio di classe

tions. The author does not otherwise attempt any particular completeness or a special order or formal elegance. The structure of the text is in 'lecture notes' style and is aimed at an 'active' use and rapid orientation in the trends in research in a specific field. There are advantages in such an approach. It offers considerable flexibility and immediacy, and the possibility of organizing a considerable mass of concepts, methods, and results in a limited space, linking them to different branches of mathematics and logic (such as the theory of models).

The heart of the text contains the construction of the « field coproduct », whose importance I will briefly illustrate. In the commutative case, it is well known that a ring is embeddable in a field generated by it (the 'field of fractions' of the ring), if, and only if, it is an integral domain, and such an embedding is unique up to isomorphism.

In the skew case, we have one of Cohn's fundamental results (see P. M. Cohn, *Free Rings and Relations*, Academic Press, 1971) relative to a very general class of rings, the semifirs (rings in which all the finitely generated right (left) ideals are free and of unique rank). More precisely, each semifir admits a universal field of fractions (in the sense that every other field of fractions is a specialization of it). This embedding theorem is succintly described in the book in question and then applied to the important subclass of firs (rings in which all the ideals are free and of single rank ('free ideal rings') that includes for example the free algebras over a field, the group-algebras of free groups and the free products (coproducts) of skew fields. In particular, the author gives the name of 'field coproduct' or simply 'coproduct' to the universal field of fractions of a coproduct of fields. The remaining fundamental points are based on this construction, especially an exhaustive analysis of the extensions of skew fields (with the introduction of the existentially closed skew fields, that provide an example of a model class with an infinite forcing companion, which is not axiomatizable). The construction also forms the basis

di modelli con '*forcing companion*' infinito, non assiomatizzabile), e un approccio alla risoluzione delle equazioni su corpi sghembi, preceduto da un'esposizione di recentissimi risultati (soprattutto dovuti a Bergman) sulle identità e relazioni razionali e sulle specializzazioni. Va sottolineato che il problema della ricerca di soluzioni di un'equazione viene inserito nel contesto più ampio dello studio delle singolarità di matrici ad elementi in un opportuno coprodotto, e ricondotto a un'analisi di autovalori e alla determinazione di forme canoniche opportune. Pur rimanendo aperto il problema in generale, sono dati risultati completi in alcuni casi salienti, e vengono tracciate le linee di una possibile fondazione dei concetti (varietà, dipendenza, ecc.) per una geometria algebrica non commutativa.

Osserviamo infine che una stimolante introduzione, oltre che una motivazione storica, ai temi centrali del libro, è fornita nei primi quattro capitoli. Vi si illustrano, con un ampio corredo d'esempi, alcuni metodi 'classici' di costruzione di corpi non commutativi (metodi che presuppongono un anello, che si tratta di immergere, sotto opportune condizioni, in un corpo dei quozienti: dominî di Ore, limiti inversi di anelli di Ore, anelli di serie formali di potenze), e vi si descrivono le estensioni di grado finito, con particolare riferimento alla teoria di Galois in versione non commutativa (estensioni di Galois, in particolare estensioni pseudo-lineari e estensioni cicliche esterne di Amitsur).

for an approach to the solution of equations over skew fields, preceded by a presentation of very recent results (especially Bergman's) on rational identities and rational relations, and on specializations. One should stress that the problem of seeking solutions for an equation is inserted into the broader context of the study of singularities for matrices with elements in an appropriate coproduct, and brought to an eigenvalue analysis and the determination of appropriate canonical forms. Although the general problem still remains open, complete results are given in certain salient cases, and the lines are traced for a possible foundation of a non-commutative algebraic geometry (e.g. concepts such as variety, dependence, etc.).

Finally, we note that in the first four chapters the author gives a stimulating introduction as well as explaining the historic motivation for the central themes of the book. Using abundant examples the author illustrates certain 'classical' methods of construction of skew fields (methods that presuppose the embedding of a ring, under appropriate conditions, in a field of fractions. Ore domains, inverse limits of Ore rings, power series rings). Also, he describes the extensions of finite degree with particular reference to Galois theory in non-commutative version (Galois extensions, especially pseudo-linear extensions and cyclic outer extensions of Amitsur).

LINO DI MARTINO

DAVIES, E. B.

Quantum Theory of Open Systems

Academic Press, London, 1976
IX + 171 pp., £ 7.50

Questo libro di E. B. Davies sviluppa, soprattutto dal punto di vista dei fondamenti matematici, la teoria dei sistemi quantistici non isolati. Conformemente al significato usualmente attribuito all'espressione 'sistemi aperti', che compare nel titolo, si considera prevalentemente la situazione in cui il sistema quantistico interagisce con un ambiente esterno complesso, caratterizzato da molti, eventualmente infiniti, gradi di libertà.

Il considerare il sistema quantistico insieme all'ambiente esterno come un nuovo sistema fisico isolato, a cui quindi applicare i formalismi usuali, e specificamente quello Hamiltoniano, per studiarne l'evoluzione dinamica, urta contro le ovvie difficoltà legate alla eccessiva complessità del sistema fisico che così ne risulterebbe. Questo approccio, in linea di principio più 'fondamentale', è esaminato nel libro solo marginalmente, allo scopo di motivare un atteggiamento più 'fenomenologico', un atteggiamento, cioè, in cui si ricercano le equazioni dinamiche che governano l'evoluzione del solo sistema quantistico, rinunziando a porre sullo stesso piede la dinamica dell'ambiente esterno con cui il sistema interagisce. Possono quindi emergere aspetti di irreversibilità nella dinamica del sistema.
L'ambiente esterno di cui si è detto potrebbe essere costituito dagli apparati di misura: si comprende quindi facilmente come la tematica di questo libro abbia anche a che fare con il notoriamente delicato problema della misurazione nella teoria quantistica.

Ciò che l'autore presuppone nel lettore è la conoscenza del formalismo hilbertiano della meccanica quantistica. Il libro è matematicamente molto chiaro e lineare, con un evidente sforzo inteso ad evitare aspetti più

In this volume the author develops, especially from the point of view of the mathematical foundations, the theory of non-isolated quantum systems. In conformity with the significance usually attributed to the expression 'open systems', which appears in the title, the author mainly considers the situation in which the quantum system interacts with a complex external environment, characterised by many — possibly even infinite — degrees of freedom.
In considering the quantum system together with the external environment as a new isolated physical system, to which can then be applied the usual formalisms — and specifically the Hamiltonian formalism — in order to study its dynamic evolution, one runs up against the obvious difficulties connected with the excessive complexity of the physical system that would result from it. This approach — in principle, a more 'fundamental' one — is discussed only marginally in the volume, in order to prompt a more 'phenomenological' attitude: namely, an attitude in which are sought the dynamical equations that govern the evolution of the quantum system alone, without placing on the same footing the dynamics of the external environment with which the system interacts. Hence, there may emerge aspects of irreversibility in the dynamics of the system.
The external environment could consist of measuring apparatus: so it can easily be understood how the author also touches upon the notoriously tricky problem of measurement in the quantum theory.
The author assumes that the reader has a knowledge of the Hilbertian formalism of quantum mechanics. Nevertheless, the volume is very clear and straightforward from a mathematical point of view and the author

complessi o sofisticati. Ad esempio, non viene richiesta al lettore la conoscenza della teoria delle algebre C*, che pure costituisce un algoritmo tipico di questo tipo di studi.

Molto chiara risulta la costruzione di una meccanica quantistica stocastica che, in particolare, appare come contesto naturale per la comprensione del processo di misura. La teoria dei sistemi in contatto con un 'bagno termico' è sviluppata a livello molto generale e risulta forse un po' sacrificato lo spazio dedicato alle applicazioni fisiche. Ciò è comunque ben compensato dalla snellezza del testo che consente di raggiungere con relativa facilità gli aspetti più rilevanti della teoria dei sistemi quantistici aperti.

has made an effort to avoid the more complex or sophisticated aspects of the subject. For example, the reader is not expected to know about the theory of C* algebras, though this constitutes a typical algorithm of this type of study.
The reader will find a very clear construction of a stochastic quantum mechanics, which, in particular, appears as a natural context for an understanding of the process of measurement. The theory of systems in contact with a 'thermal bath' is developed at a very general level and perhaps there is too little space devoted to the physical applications. However, this is well made up for by the handiness of the text, which makes it relatively easy for the reader to gain access to the more important aspects of the theory of open quantum systems.

ENRICO BELTRAMETTI

SOKOLOV, A. A. (ed.)

Aktualnye Problemy Theoreticheskoi Fiziki

Moscow University Publications, Moscow, 1976
388 pp., 1 r. 68 k.

Questo volume è una collezione di articoli in onore dei cinquant'anni di attività scientifica di D. D. Ivanenko; e tutti i saggi sono più o meno collegati ai suoi interessi in fisica nucleare, teoria della gravitazione, radiazione di sincrotrone, teoria spinoriale non lineare, ecc.
Per esempio l'"*editor*', A. A. Sokolov, sviluppa ulteriormente la teoria della radiazione di sincrotrone, in relazione alle emissioni galattiche, agli anelli di accumulazione, a campi magnetici super-forti o a elettroni ultra-relativistici, nonché della radiazione di sincrotrone *gravitazionale*.
Lo stesso Ivanenko, con Sardanashvily, presenta un nuovo lavoro, imperniato sull'introduzione della *torsione* dello spazio-tempo — oltre che della curvatura, — e sulle sue conseguenze fisiche (suggerendo per es. un interessante ruolo della torsione all'interno delle particelle elementari).
Il libro è costituito da 26 scritti (tutti con riassunto in inglese), di cui 18 in russo e 8 in inglese; questi ultimi — ad es. — firmati da Autori come J. A. Wheeler; C. Möller; K. Nishijima e R. Sasaki; G. Wataghin; Y. Choquet-Bruhat; J. Weber e V. Trimble; W. B. Bonnor; P. Vaidya.
In breve, gli argomenti *principali* sono: 1) discussione dei fondamenti della Relatività Generale (RG), (Treder; Möller; Choquet-Bruhat); 2) nuove soluzioni delle equazioni di Einstein (Bonnor, Vaidya); 3) applicazioni della RG in cosmologia e astrofisica (Sokolov; Sexl, Streeruwitz e Giesswein; Pontecorvo; Schmutzer; De Sabbata *et al.*; Marx e Gaizago; Wataghin; Matsukov); 4) onde gravitazionali (Weber e Trimble; Grats e Galtsov); e — andando al di là della RG —: 5) pre-geometria (Wheeler); 6) « teoria della compensazione », che conduce alla torsione e all'equazione

This book is a collection of papers in honour of the fifty years of scientific activity of D. D. Ivanenko; and all essays are more or less connected with his interests in nuclear physics, gravitation theory, synchrotron radiation, non-linear spinor theory, etc.
For instance, the Editor, A. A. Sokolov, further develops the theory of synchrotron radiation, in relation to galaxy emission, storage-rings, superstrong magnetic fields or ultrarelativistic electrons, and the *gravitational* synchrotron radiation.

Ivanenko himself, with Sardanashvily, contributes a new work centered on the introduction of space-time *torsion*, alongside with curvature, and its physical consequences (for example suggesting an interesting rôle of torsion inside elementary particles).
The book consists of 26 articles (all with English abstract), 18 in Russian and 8 in English; the latter — for instance — being signed by authors as J. A. Wheeler; C. Möller; K. Nishijima and R. Sasaki; G. Wataghin; Y. Choquet-Bruhat; J. Weber and V. Trimble; W. B. Bonnor; and P. Vaidya.
The *main* subjects dealt with — briefly speaking — in the volume are: 1) discussion of the foundations of General Relativity (GR), (Treder; Möller; Choquet-Bruhat); 2) new solutions of Einstein equations (Bonnor; Vaidya); 3) applications of GR in cosmology and astrophysics (Sokolov; Sexl, Streeruvitz and Giesswein; Pontecorvo; Schmutzer; De Sabbata *et al.*; Marx and Gaizago; Wataghin; Matsukov); 4) gravitational waves (Weber and Trimble; Grats and Galtsov); and — going beyound GR —: 5) pre-geometry (Wheeler); 6) « compensation theory », leading to torsion and nonlinear spinor equation (Ivanenko and Sardanashvily); torsion theory (Hehl; Pono-

spinoriale non lineare (Ivanenko e Sardanashvily); teoria della torsione (Hehl; Ponomariov e Krechet). Altri argomenti interessanti sono trattati da Bazanski; Nishijima e Sasaki; Blokhintsev, Efremov e Shirkov; Bagrov, Gitman e Kuchin; Takabayasi; Takwale e Teli; Kolesnikov e Vymyatnin.

Il volume inizia con una rassegna critica, ad opera di H. J. Treder, dell'evoluzione di concetti come inerzia e gravità dai tempi di Lucrezio a quelli di Einstein, prestando attenzione anche agli aspetti filosofici.

Möller quindi presenta, con intenti pedagogici, le sue idee circa questioni ancora controverse come la misurabilità delle grandezze che entrano in RG e il principio generale di relatività.

M. Giesswein, R. Sexl e E. Streeruwitz tentano di eliminare l'intervento di singolarità cosmologiche mediante effetti di polarizzazione del vuoto, anche se quelli da loro considerati non sono sufficienti (come gli autori concludono) per ottenere tale scopo.

La Choquet-Bruhat dimostra l'esistenza di soluzioni per le equazioni dei vincoli della RG, su di un '*manifold*' compatto tridimensionale senza contorno, per geometrie nello spazio di Sobolev H_4.

Bonnor analizza le soluzioni di Bertotti delle equazioni di Einstein-Maxwell, classificandole, studiando le loro geodetiche e tentandone una interpretazione fisica.

Vaidya sviluppa un semplice formalismo — che ricorre a una tetrade reale (diversamente da Newman, Penrose o Plebanski) — per ricercare le proprietà di una congruenza nulla geodetica nello spazio-tempo di Minkowski.

Trimble e Weber forniscono una soluzione esatta per la 'risposta' in un rivelatore di radiazione gravitazionale (privo di perdite) a degli impulsi di calibrazione.

Wheeler argomenta che la geometria tridimensionale non dà una descrizione corretta della fisica — e dovrebbe cioè essere sostituita dal concetto strutturale più basilare di *pre-geometria* — per le seguenti cinque ragioni: Lo spazio matematico non si lacera, ma lo spazio fisico deve potersi lacerare; lo spazio matematico ha solo proprietà geometriche (« *surface geology* ») ma lo spazio fisico sembra essere pieno di coppie

mariov and Krechet). Other interesting topics are covered by Bazanski; Nishijima and Sasaki; Blokhintsev, Efremov and Shirkov; Bagrov, Gitman and Kuchin; Takabayasi; Takwale and Teli; Kolesnikov and Vymyatnin.

The book begins with a critical survey, by H. J. Treder, of the evolution of concepts like inertia and gravity from Lucretius to Einstein, paying attention also to the philosophical aspects.

Then Möller presents, with pedagogical purposes, his views about still controversial questions as the measurability of quantities occurring in GR and the general principle of relativity.

M. Giesswein, R. Sexl and E. Streeruwitz try to avoid the occurrence of cosmological singularities by vacuum polarization effects, even if the ones considered by them are not enough to fulfil such an aim — as they conclude.

Choquet-Bruhat proves the existence of solutions for the constraint equation of GR, on a compact 3-dimensional manifold without boundary, for geometries in the Sobolev space H_4.

Bonnor analyses Bertotti's solutions of Einstein-Maxwell equations, by classifying them, studying their geodetics and attempting a physical interpretation.

Vaidya develops a simple formalism, using a real tetrad system (differently from Newman, Penrose or Plebanski), to investigate the properties of a geodetic null-congruence in Minkovski spece-time.

Trimble and Weber yield an exact solution for the response of a (loss free) gravitational-radiation detector to calibration pulses.

Wheeler considers that 3-geometry does not give a correct account of physics — and ought to be replaced by a more basic structural concept or *pregeometry* — for the following five reasons: Mathematical space does not tear, but physical space must tear; Mathematical space has only geometrical properties (« *surface geology* ») but physical space seems to be full of virtual pairs

rare; Lo spazio matematico possiede solo proprietà geometriche (« *geologia di superficie* ») ma lo spazio fisico sembra al contrario pieno di coppie virtuali di ogni tipo di particelle (« *strati geologici* »); È difficile evitare l'impressione che ogni legge fisica sia 'mutabile' in condizioni sufficientemente diverse dalle usuali, e perciò la geometria stessa — una parte della fisica — deve poter mutare; La legge einsteiniana per la dinamica della geometria segue semplicemente dal *gruppo* delle deformazioni di una superficie tipo-spazio e perciò non ci può dire intorno alla struttura sottostante nulla più di quanto ci può dire la cristallografia circa la struttura degli atomi; La gravitazione, quale « elasticità metrica dello spazio », è tanto lontana dalla più profonda fisica dello spazio quanto lo è l'elasticità dalla fisica più profonda dei solidi. La « pregeometria » dovrebbe fare da base sia alla geometria, sia alle particelle elementari. Secondo noi, questi spunti interessanti sono connessi ad es. alle ricerche le quali cercano di attribuire un significato classico (mediante i *tachioni*) alle particelle virtuali: in effetti tali ricerche hanno recentemente incontrato anche il problema di estendere lo spazio-tempo di Minkowski M^4 a uno spazio esadimensionale $M\,(3,3) \equiv M^6$ oppure C^3. Tornando a Wheeler, egli conclude che l'ordinario concetto di « geometria ideale matematica » applicato *alla fisica* è troppo finalistico per essere « finale » (e deve dare luogo a un più profondo concetto di struttura).
G. Wataghin mostra, in una breve nota, come la produzione di particelle negli urti a due corpi con alte energie nel centro di massa *debba* essere fortemente *multipla* (a causa di unitarietà, conservazione dell'energia e considerazioni di '*cut-off*').
Abbiamo già menzionato il lavoro di Ivanenko e Sardanashvily: aggiungiamo qui il loro suggerimento (simile a quello di Salam *et al.* e di Caldirola-Pavšič-Recami) di « quark non lineari », da un lato, e, dall'altro lato, di una « entità » primordiale, discreta, in cui ancora non esiste distinzione tra spazio e materia e che è governata da un primevo « pre-spinore ».

of all kinds of particles («*geological strata* »); It is difficult to avoid the impression that every law of physics is 'mutable' under sufficiently extreme conditions, and therefore geometry itself — a part of physics — must also be mutable; Einstein's law for the dynamics of geometry merely follows from the « group » of deformations of a space-like hypersurface and therefore tells nothing more about the underlying structure than christallography tells about the structure of atoms; Gravitation, as the « metric elasticity of space », is as far removed from the deeper physics of space as elasticity from the deeper physics of solids.

«Pregeometry» should underline both geometry and fundamental particles. According to us, these interesting points are connected with the researches attempting to attribute classical meaning (in terms of *tachyons*) to virtual particles: actually such a research recently met the problem of extending Minkowski space-time M^4 to a six-dimensional $M\,(3,3) \equiv M^3$ or to a C^6 space. Going back to Wheeler, he concludes that the ordinary concept of « ideal mathematical geometry » as applied *in physics* is too finalistic to be final (and must give way to a deeper concept of structure).
G. Wataghin, in a brief note, shows how the production in two-particle-collisions with high c.m. energy *must* be strongly *multiple* (owing to unitarity, energy conservation and cut-off considerations).

We already mentioned the paper by Ivanenko and Sardanasvily: let us here add their suggestion of « non-linear quarks » (similarly to Salam's and to Caldirola-Pavšič-Recami's) — on one hand, — and of a discrete, primaeval « entity » — on the other hand — where no distinction between space and matter yet exists and which is governed by a primordial « pre-spinor ».
F. W. Hehl, in a long paper, looks for the energy-tensor which gives the correct local distribution of the energy of spinning, massive matter-fields (« localization energy »). The author's alternative includes spin on a

F. W. Hehl, in un lungo contributo, cerca il tensore-energia che dia la distribuzione locale corretta di energia in un campo materiale con massa e spin (« energia di localizzazione »). La proposta dell'autore comprende lo spin su base dinamica e conduce alla teoria U_4 (RG più torsione), cioè a uno spazio-tempo descritto da una geometria di Riemann-Cartan.

V. G. Krechet e V. N. Ponomariov considerano per es. una nuova soluzione delle equazioni di Einstein, insieme con le equazioni di un campo vettoriale massivo per sistemi statici, e dimostrano che in alcuni casi un fluido senza spin raggiunge la singolarità in un tempo infinito (anche nel riferimento a riposo del fluido!). Riguardo alla teoria gravitazionale con torsione, essi prestano particolare attenzione alla dinamica dei neutrini.

Bruno Maximovič Pontecorvo sostiene che la violazione di CP in un universo caldo può avere avuto come effetto la sua apparente asimmetria nel contenuto di barioni e antibarioni e la sua apparente *stranezza* non nulla.

De Sabbata, Fortini, Gualdi, Boccaletti e Fortini-Baroni, in un articolo interessante, applicano a una stella di neutroni il loro studio della radiazione da *bremsstrahlung* magnetico dovuta al momento magnetico dipolare intrinseco di un neutrone accelerato in un potenziale nucleare; essi dimostrano che i raggi γ così generati possono raffreddare la stella di neutroni in un tempo molto più corto che non attraverso l'emissione ν-$\bar{\nu}$ o la radiazione elettromagnetica superficiale.

Il lavoro di Sokolov è stato già trattato; qui aggiungiamo che esso inizia derivando la formula classica della radiazione di sincrotrone da un elettrone che si muova lungo una vite.

Notevole anche l'articolo di Schmutzer, in cui viene considerata un'approssimazione delle equazioni fondamentali idromeccaniche-termodinamiche della RG, ed effettuata l'applicazione di quella a una nuova teoria dei campi magnetici nei corpi celesti (ad es. tipo-Terra, tipo-Sole e tipo-pulsar); le

F. W. Hehl, in a long contribution, looks for the energy-tensor which gives the correct local distribution of energy in a material field with mass and spin (« energy of localization »). The proposal of the author includes spin on a dynamical basis and leads to U_4 theory (GR plus torsion), i.e. to a space-time described by a Riemann-Cartan geometry.

V. G. Krechet and V. N. Ponomariov consider e.g. a new solution of Einstein equations, together with the equations of a massive vector field for static systems, and show that in some cases a spinless fluid reaches the singularity in an infinite time (even in the rest-frame of the fluid). With regard to the gravitational theory with torsion, they pay special attention to neutrino dynamics.

B. M. Pontecorvo claims that CP-violation in a hot universe can have caused its apparent baryon-antibaryon asymmetry and non-zero *strangeness*.

De Sabbata, Fortini, Gualdi, Boccaletti and Fortini-Baroni, in an interesting contribution, apply to a neutron star their study of magnetic *bremsstrahlung* from the intrinsic magnetic dipole moment of a neutron accelerated in a nuclear potential; they show that the γ-rays so produced can cool the neutron star in a much shorter time than via ν-$\bar{\nu}$ emission or surface electromagnetic radiation.

The paper by Sokolov has been already mentioned; here we want to add that it starts by deriving the classical formula for synchrotron radiation of an electron moving along a screw.

Also the paper by E. Schmutzer is noticeable, where an approximation of the hydromechanical-thermodynamical fundamental equations of GR is considered, and its application to a new theory of the magnetic fields in celestial bodies is performed (e.g. for Earth-like, Sun-like and pulsar-like objects); numerical estimates suggest that the theory can be experimentally checked.

E. Gayzago and G. Marx review the possibilities that *weak* electro-proton interactions (neutral-current couplings) could produce « parity impurities » in atomic and molecular spectroscopy; for instance, they discuss the experimental implications in the case of mirror molecules.

stime numeriche suggeriscono che la teoria può essere sperimentalmente controllata.
E. Gayzago e G. Marx passano in rassegna i casi in cui le interazioni *deboli* elettrone-protone (accoppiamenti a correnti neutre) possono produrre « impurezze di parità » nella spettroscopia atomica e molecolare; per esempio essi discutono implicazioni sperimentali per le molecole speculari.
N. Matsukov studia composizione chimica ed equazioni di stato della materia superdensa in astrofisica, fino a 10^{20} g/cm^3.
D. V. Galtsov e Yu. V. Grats formulano, in un 'approccio' totalmente Lorentz-covariante, il problema della radiazione gravitazionale emessa durante incontri (non legati) di corpi relativistici; e discutono brevemente le connessioni con altri metodi quali quello dei gravitoni virtuali.
Interessante anche l'articolo di S. L. Bazanski, che analizza la dinamica di una perturbazione in teoria classica dei campi discutendo le proprietà del campo di Jacobi e la connessione tra le equazioni di Jacobi e il principio dell'azione stazionaria nelle teorie di campo (e quindi ottenendo gli integrali primi di queste equazioni). Egli viene ad es. condotto a generalizzare il concetto di campo di Jacobi.
Nishijima e Sasaki relazionano circa una formulazione delle teorie di campo basata su unitarietà e relazioni di dispersione; essi derivano in tale formalismo le identità anomale di Ward-Takahashi.
D. I. Blokhintsev, A. V. Efremov e D. V. Shirkov pubblicano le equazioni funzionali del gruppo di rinormalizzazione per teorie con costante d'accoppiamento *dimensionata* (in particolare con dimensione 'massa' negativa), e stabiliscono la struttura delle soluzioni generali dell'equazione per carica invariante; essi discutono pure la invarianza di scala a piccole distanze.
V. G. Bagrov, D. M. Gitman e V. A. Kuchin considerano alcune versioni semi-classiche dell'Elettrodinamica Quantistica; in tutti i casi essi collegano la nascita di un campo *esterno* alla presenza di stati coerenti o semicoerenti. T. Tokabayasi sviluppa un 'approccio', dotato di covarianza generale a

N. Matsukov investigates chemical composition and equations of state of superdense matter in astrophysics up to 10^{20} g/cm^3.
D. V. Galtsov and Yu. V. Grats formulate, in a fully Lorentz-covariant approach, the problem of the gravitational radiation emitted during (non-bound) encounters of relativistical bodies; and briefly discuss the connections with other methods as the virtual-gravitons approach.

Interesting is also the paper by S. L. Bazanski, who considers the dynamics of a perturbation in classical field theory by discussing the properties of Jacobi field and the connection between Jacobi equations and the principle of stationary-action in field theories (and then deriving the first integrals of those equations). He is led e.g. to generalize the concept of Jacobi field.
Nishijima and Sasaki give an account of a formulation of field theoris based on unitarity and dispersion relations; they derive in such a formalism the anomalous Ward-Takahashi identities.

D. I. Blokhintsev, A. V. Efremov and D. V. Shirkov put forth renormalization-group functional-equations for theories with *dimensional* (in particular with negative mass-dimensions) coupling constant and establish the structure of general solutions of the equation for invariant charge; they discuss also scale invariance at small distances.
V. G. Bagrov, D. M. Gitman and V. A. Kuchin consider some semiclassical versions of Quantum Electrodynamics; in all cases, they connect the arising of an *external* field with the presence of coherent, or semicoherent, states.

T. Tokabayasi develops a manifestly general-covariant approach to relativistic « *string* »-theory, for a unified description of hadrons, and then analyses the more restricted conformal-invariance case.
R. G. Takwale and M. T. Teli study the elliptic relation between degrees of polarization of scattered particles.
And, finally, N. N. Kolesnikov and V. M.

vista, alla teoria «*a stringhe*» relativistica per una descrizione unificata degli adroni, e quindi analizza il caso più restrittivo dell'invarianza conforme. R. G. Takwale e M. T. Teli studiano la relazione ellittica tra i gradi di polarizzazione delle particelle 'scatterate'. E, infine, N. N. Kolesnikov e V. M. Vymyatnin si dedicano alla ricerca della struttura delle *formule di massa* atomiche (nucleari) in modo indipendente da modelli.

Vymyatnin investigate the structure of the atomic (nuclear) *mass-formulae* in a model-independent fashion.

ERASMO RECAMI

CHANDRASEKHAR, S.

Liquid Crystals

Series: Cambridge Monographs on Physics
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
x + 342 pp., figs. and tables, £ 18.00

Si conoscono oramai diverse migliaia di sostanze organiche che formano cristalli liquidi, uno stato intermedio della materia fra il solido cristallino e il liquido. Le molecole di queste sostanze sono geometricamente anisotrope, di solito molto allungate in una direzione, e quando, all'aumentare della temperatura, il solido si trasforma in fluido, esse tendono a mantenere un certo ordine nell'allineamento del loro asse fino a che, ad una temperatura maggiore, si ha il passaggio alla fase isotropa del liquido normale. Al variare della temperatura si possono ottenere diversi tipi di ordine (mesomorfismo termotropico), ma anche in soluzione, al variare della concentrazione, è possibile ottenere fasi diverse di cristalli liquidi (mesomorfismo liotropico); i saponi ne sono un esempio.
I cristalli liquidi termotropici, che sono i soli considerati dall'autore, sono classificati in tre tipi: nematici, colesterici e smectici. Nei primi le molecole tendono a mantenere il loro asse in una direzione fissata; nei secondi, formati da molecole otticamente attive, l'asse possiede un orientamento diverso in piani paralleli, dando origine ad un ordine con

By now we are familiar with thousands of organic substances that form liquid crystals, an intermediate state of matter between the crystalline solid and the liquid. The molecules of these substances are geometrically anisotropic, usually very elongated in one direction, and when, with a rise in temperature, the solid is transformed into a fluid, the molecules tend to maintain a particular order of alignment of their axis until, at a higher temperature, they pass to the isotropic phase of the normal liquid. With variations in temperature, one can obtain several kinds of orders (thermotropic mesomorphism), and also in solution, varying the concentration, it is possible to obtain different phases of liquid crystals (lyotropic mesomorphism). Soaps are an example of the last ones.
Thermotropic liquid crystals, the only ones considered by the authors, are classified into three categories, nematic, cholesteric and smectic. In nematic crystals, the molecules tend to maintain their axis in a fixed direction. In cholesteric crystals, formed by optically active molecules, the axis has a

simmetria elicoidale; nei terzi si ha una struttura a strati paralleli con l'asse delle molecole perpendicolare oppure inclinato rispetto a tali strati e con varie disposizioni nella posizione delle molecole all'interno di ogni strato. Inoltre, in tutti i tre tipi, le molecole possono muoversi come in un liquido più o meno viscoso.

In conseguenza del loro ordine, i cristalli liquidi posseggono proprietà meccaniche ed ottiche fortemente anisotrope. Inoltre, la dipendenza di queste strutture dalla temperatura e dalla pressione e le distorsioni introdotte dall'azione di campi elettrici e magnetici applicati danno luogo a tutta una serie di effetti, anche molto vistosi, che vengono sfruttati in vari dispositivi, come ad esempio lastre per la termografia, visualizzatori per raggi infrarossi, pannelli luminosi, ecc.

Proprio queste possibilità di applicazione nella moderna tecnologia hanno risvegliato in questi ultimi anni l'interesse per queste sostanze, note già sul finire del secolo scorso. Ma, oltre a ciò, altri motivi rendono interessante il loro studio, come ad esempio, la possibilità di analizzare con modelli relativamente semplici uno stato particolare della materia, nel quale è possibile mettere in evidenza una molteplicità di effetti i più diversi, termici, meccanici, ottici, elettrici e magnetici.

« Lo scopo principale di questa monografia è di fornire una visione della varietà di fenomeni nuovi che presenta questo stato intermedio della materia ». L'esposizione è chiara, molti sono i temi trattati ed assai ricca la bibliografia. Per tali motivi il libro è senz'altro utile a quanti desiderano conoscere in modo non superficiale i principi fisici che sono alla base del comportamento dei cristalli liquidi. Tuttavia non è un libro elementare: esso richiede una certa conoscenza di meccanica dei continui, di ottica dei mezzi anisotropi, di fisica statistica. Relativamente poco spazio, invece, è lasciato ad una descrizione più qualitativa dei fenomeni e delle possibili applicazioni.

Dopo un primo capitolo introduttivo nel quale viene fissata la nomenclatura e forniti

different orientation in parallel planes, giving rise to an order with helical symmetry. In smectic crystals one has a structure in parallel layers with the axis of the molecules perpendicular or inclined with respect to them, and with various arrangements of the position of the molecules inside each layer. Furthermore, in all three kinds, the molecules can move as in a more or less viscous liquid.

As a result of their order, liquid crystals possess mechanical and optical properties that are strongly anisotropic. In addition, the dependence of these structures on temperature and pressure and the distortions introduced by the action of applied electric and magnetic fields, gives rise to a whole series of very striking effects that are utilized in various devices such as thermographic plates, visualizers for infrared rays, luminous panels, and so on.

The possibilities for applications in modern technology have revived interest in these substances in recent years, though they were already known at the end of the last century. In addition to these, another reason for interest in their study is the possibility to analyze, with relatively simple models, a particular state of matter and to discuss a reach variety of thermal, mechanical, optical electrical and magnetic effects.

« The primary aim of this monograph is to provide an insight into the variety of new phenomena exhibited by these intermediate states of matter ». The exposition is clear. The book handles many topics and its bibliography is very broad. As a result, the book is undoubtedly useful for those who whish to know the physical principles that form the basis of the behaviour of liquid crystals. Nevertheless, it is not an elementary book. It requires a certain knowledge of continuum mechanics, of the optics of anisotropic media and of statistical physics. Instead, relatively little space is left for a more qualitative description of phenomena and of possible applications.

After an introductory chapter that establishes the nomenclature and provides a few examples of substances that form liquid

alcuni esempi di sostanze che formano cristalli liquidi, il secondo capitolo introduce le teorie statistiche dell'ordine nematico. Viene studiata la transizione di fase di un fluido di sbarre lunghe e sottili e gli effetti dell'ordine su piccole distanze nel liquido isotropo.
Il terzo capitolo è dedicato alla teoria continua dei cristalli nematici: vengono studiate le proprietà meccaniche ed ottiche e l'effetto di campi elettrici e magnetici. In particolare vengono descritte le interessanti figure che si osservano con luce polarizzata, dovute all'orientamento che assumono le molecole in corrispondenza di linee singolari, che, per analogia con le dislocazioni nei cristalli, sono dette 'disclinazioni'.
Nel quarto capitolo vengono studiate le eccezionali proprietà ottiche dei cristalli colesterici. La teoria dinamica della diffusione dei raggi X viene applicata qui al caso in cui la lunghezza d'onda della luce sia circa uguale al passo dell'elica che determina l'ordine della struttura. Vengono pure analizzate le distorsioni caratteristiche dovute al campo elettrico e a quello magnetico e l'effetto delle 'disclinazioni' sulla luce polarizzata.
Infine il quinto capitolo descrive i cristalli smectici e le distorsioni sia statiche che dinamiche nella loro struttura. Viene anche studiata la transizione fra la fase smectica e quella nematica.

crystals, the second chapter introduces the statistical theories of the nematic order. The author studies the phase transition of a fluid of long and thin bar and the effects of the order over short distances in the isotropic liquid.
The third chapter is devoted to continuum theory of nematic crystals. It studies the mechanical and optical properties and the effects due to electric and magnetic fields. In particular it describes the interesting figures that are observed with polarized light, caused by the orientation of the molecules in correspondence with line singularities, which, by analogy with the dislocations in the crystals, are called 'disclinations'.
In the fourth chapter the author studies the exceptional optical properties of cholesteric crystals. The dynamical theory of the diffusion of X-rays is applied here to the case in which the wavelength of the light is about equal to the pitch of the helix which determines the order of the structure. The author also analyzes the characteristic distortions caused by electric and magnetic fields and the effect of 'disclinations' on polarized light.
Lastly, the fifth chapter describes smectic crystals and both the static and dynamic distortions in their structure. It also examines the transition from the smectic to the nematic phase.

GUGLIELMO BÖBEL

BACRY, H.

Lectures on Group Theory and Particle Theory

Series: Documents on Modern Physics
Gordon and Breach Science Publishers,
London, 1977
xvii + 580 pp., tables, £ 32.70

La casa editrice Gordon & Breach ha pubblicato nel 1967 le *Leçons sur la Théorie des Groupes et les Symétries des Particules Elémentaires* (distribuito dall'editore Dunod) di H. Bacry ed a distanza di dieci anni pubblica l'edizione inglese dell'opera.
Il libro deriva da lezioni tenute dall'autore a Marsiglia e Bologna tra il 1962 ed il 1965, e si propone di introdurre il lettore alle nozioni fondamentali di teoria dei gruppi ed alle applicazioni di questa alla fisica delle particelle elementari. Esso è diviso in dieci capitoli: i primi cinque sono dedicati rispettivamente alle nozioni preliminari di teoria dei gruppi, agli spazi vettoriali, alle rappresentazioni dei gruppi, alle rappresentazioni finite dei gruppi di Lie semisemplici (due capitoli in cui particolare cura è rivolta a mostrare la corrispondenza tra metodo tensoriale e metodo basato sui diagrammi delle radici e dei pesi). Vi è poi un capitolo sul gruppo delle rotazioni, uno sul gruppo di Lorentz, uno sul gruppo di Poincaré, uno piuttosto schematico dedicato a rilevanti proprietà di simmetria delle particelle elementari (conservazione dell'energia, impulso e momento angolare; simmetrie discrete P, C, T; spin isotopico). L'ultimo capitolo, infine, è dedicato alle simmetrie unitarie che, negli anni in cui le lezioni furono tenute, costituivano un argomento di punta per la ricerca.
Le modifiche apportate nell'edizione inglese sono minori, anche se opportune: è stato aggiunto un paragrafo sugli spazi omogenei ed una appendice sulle rappresentazioni proiettive; è stata inoltre aggiornata e molto arricchita la bibliografia ed aggiunti alcuni esercizi, nonché corretti alcuni errori.

In 1967, the publishers Gordon & Breach published *Leçons sur la Théorie des Groupes et les Symétries des Particules Elémentaires* (distributed by the publisher Dunod) by H. Bacry, and ten years later, they are issuing the English edition of this work.
The book developed from lectures given by the author at Marseilles and Bologna between 1962 and 1965. It proposes to introduce the reader to the fundamental concepts of group theory and its application to elementary particle physics. It is divided into ten chapters. The first five cover respectively the preliminary concepts of group theory, vector spaces, representation of groups, finite representation of semisimple Lie groups (two chapters in which special attention is given to showing the connection between the tensor method and the method based on the root and weight diagrams). There then follows a chapter on rotation groups, one on Lorentz's group, one on Poincaré's group, a rather schematic one devoted to important symmetry properties of elementary particles (conservation of energy, angular impulse and momentum, discrete P, C and T symmetry, isotopic spin). The last chapter is devoted to unitary symmetry which during the years in which these lectures were given, constituted the last key topic for research.

There are minor but appropriate changes in the English edition. A paragraph on homogeneous spaces and an appendix on projective representation have been added. In addition, the bibliography has been brought up to date and greatly enriched, some exercises have been added and some errors corrected.

L'autore ha mantenuto nella forma scritta il tono discorsivo della lezione orale rinunziando a esigenze di completezza ed alla dimostrazione di alcuni teoremi; la lettura procede quindi agilmente e le inevitabili lacune sono compensate dai frequenti riferimenti bibliografici.
L'interrogativo che naturalmente si pone, soprattutto per i lettori non di lingua inglese, ò se sia giustificata questa riedizione a distanza di dieci anni dalla prima, tenendo anche presente che in tale periodo si sono avuti numerosi e rilevanti sviluppi (l'algebra delle correnti è un ovvio esempio) nel campo di studi in questione. Credo si possa senz'altro dare una risposta affermativa: il libro di H. Bacry è un'opera collaudata e tutt'ora ben valida per la chiarezza e modernità di esposizione e ciò sembra rilevante soprattutto per quanto riguarda gli argomenti trattati nei primi otto capitoli (cioè quelli più 'classici'); è difficile reperire un altro testo che, come quello qui considerato, ne fornisca organicamente i concetti base e sia una ragionevolmente rapida introduzione ad un campo di studi così vasto.
Questa riedizione in lingua inglese consentirà quindi giustificatamente una maggiore diffusione del libro e potrà ovviare al presumibile esaurirsi dell'edizione francese.

The printed word in the book maintains the oral lecture style and abandons a need for completeness and for demonstrations of certain theorems. As a result the book reads easily and the inevitable omissions are compensated for by frequent bibliographic references.

The question that arises naturally, especially for non-English readers, whether this edition is justified after ten years, particularly if one considers the number of important developments (algebra of currents is an obvious example) that have occurred in these fields during this period. I feel one can readily give an affirmative answer. H. Bacry's book is a well tested work and still valid for its clarity and modern form of exposition. This seems important for the topics treated in the first eight chapters (the more « classical » ones). It is difficult to find another text like this one that provides the basic concepts and serves as a reasonably rapid introduction to such a vast field of study.
Thus this English edition will justifiably allow a greater diffusion of the book and will obviate the presumed ending of stock of the French edition.

ENRICO EBERLE

BOCKHOFF, F. J.

Elements of Quantum Theory

Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), 1976 (2nd Ed.)
XIV + 332 pp., tables, $ 17.50

Oggi, a circa settanta anni dalle prime formulazioni della meccanica quantistica ad opera di Plank, Einstein, Bohr, Heisenberg, Born, Jordan e Schrödinger, tra i numerosi problemi che rimangono ancora aperti, senza dubbio uno dei più immediati è quello didattico. Indubbiamente le scarse possibilità che la teoria quantistica lascia ad un approccio intuitivo, che usato senza notevoli cautele risulta spesso fuorviante, ed il pesante formalismo matematico che sorregge la sua struttura teorica, appaiono due delle cause principali delle difficoltà che si presentano a livello didattico.

Il libro di Frank Bockhoff, Professor e Chairman del Department of Chemistry della Cleveland State University, si inserisce in una lista, purtroppo abbastanza ristretta, di testi che si propongono in modo serio e puntuale di portare lo studente del primo biennio di studi universitari ad una comprensione sufficientemente chiara ed abbastanza agevole della meccanica quantistica.

Dopo una breve introduzione storica, nella prima parte del testo Bockhoff riporta in maniera abbastanza dettagliata alcune situazioni sperimentali, quali la radiazione del corpo nero, l'effetto fotoelettrico, i fenomeni di interferenza, rivelatesi a posteriori come momenti particolarmente significativi per il passaggio dalla meccanica tradizionale alla meccanica quantistica.

Agli esempi sperimentali segue una trattazione molto chiara sopra gli aspetti fisico-matematici di questo passaggio e l'applicazione del formalismo quantistico ai casi standard (particella libera, in una scatola, le barriere di potenziale, ecc.).

Nella seconda parte L'Autore affronta decisamente, se pur in modo elementare, i problemi fondamentali della chimica quantistica. Viene studiato in modo esaustivo

Today, approximately seventy years after the first formulation of quantum mechanics by Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Born, Jordan and Schrödinger, undoubtedly one of the most pressing remaining problems is the didactical one. There are two principal causes of the difficulties in understanding the theory. First, quantum theory rarely allows intuitive approach and if one is used without great caution, it is often misleading. Second, there is the problem of the complex mathematical formalism that supports its theoretical structure.

This book by Frank Bockhoff, Professor and Chairman of the Department of Chemistry of Cleveland State University can be added to an unfortunately limited list of serious and accurate texts that can give a first or second year university student a sufficiently clear and ready understanding of quantum mechanics.

After a brief historical introduction, in the first part of the text Bockhoff gives detailed explanations of some experimental situations. He includes black body radiation, the photoelectric effect, and interference phenomena, that in retrospect proved particularly significant for the passage from traditional mechanics to quantum mechanics.

The experimental examples are followed by a very clear handling of the physical-mathematical aspects of this transition and the application of quantum formalism to standard cases (free particle, in a box, potential barriers, etc.).

In the second part, author effectively treats, in an elementary way, the fundamental problems of quantum chemistry. He makes an exhaustive study of the hydrogen atom and in this context introduces the concepts of principal quantum numbers, angular momentum, orbit, spin, hydrogenoid functions,

l'atomo di idrogeno ed in tale contesto vengono introdotti i concetti di numero quantico principale, di momento angolare, di orbitale, di spin, di funzione idrogenoide, ecc. Segue poi l'esposizione particolareggiata dell'atomo di elio, che consente all'Autore le necessarie generalizzazioni e l'introduzione dei problemi molecolari, per i quali sono presentate alcune diverse approssimazioni nella risoluzione dell'equazione di Schrödinger, quali, ad esempio, la teoria delle perturbazioni del primo ordine, il metodo variazionale, il metodo SCF.

Nel complesso, *Elements of Quantum Theory*, una seconda edizione dell'originale del 1969, non presenta alcuna novità per quanto riguarda i contenuti, ma rivela il suo valore nel continuo sforzo di presentare allo studente un'esposizione dettagliata della meccanica quantistica, richiedendogli tuttavia, ed è questo il suo maggior pregio, un *background* fisico e matematico minimale.

etc. There follows a detailed exposition on the helium atom which allows the author to make the necessary generalizations and to introduce molecular problems. For molecular problems he presents several approximations in the solution of Schrödinger's equation, including for example, the theory of first order perturbations, the variational method, the SCF method.

In all, *Elements of Quantum Theory*, a second edition of the original 1969 version, does not present anything new in content. However, it shows its value in the continuing effort to give the student a detailed exposition on quantum mechanics. One of the greatest merits of the book is that the reader requires only a minimal background in physics and mathematics to understand quantum mechanics.

ROBERTO TODESCHINI

CHADAN, K. and SABATIER, P. C.

Inverse Problems in Quantum Scattering Theory

Series: Texts and Monographs in Physics
Springer-Verlag, New York, 1977
XII + 344 pp., tables, $ 29.80

Grazie all'avvento di calcolatori sempre più potenti, negli ultimi dieci - quindici anni si è manifestato, sia tra i fisici che tra gli ingegneri, un interesse crescente per i cosiddetti 'problemi inversi', essendo ormai non del tutto irragionevole la possibilità di applicazioni pratiche; anzi in alcuni settori, questa possibilità si è già concretizzata.

Una definizione precisa di problema inverso è forse impossibile. Per quanto riguarda la Fisica si può tentare, se non una definizione, almeno una descrizione, anche se alquanto generica, del tipo di quella fornita da R. G Newton nella prefazione al libro di K.Chadan e P. C. Sabatier, *Inverse Problems in Quantum Scattering Theory*. Si può cioè chiamare 'problema diretto' ogni problema consistente nel predire il moto di particelle sulla base di forze note oppure la propagazione di radiazioni sulla base di una nota costituzione della materia. 'Problema inverso' è allora ogni problema in cui si debbano determinare le forze o la costituzione della materia sulla base dei moti osservati.

Un problema di questo tipo, già da lungo tempo studiato, è il problema inverso della teoria quantistica della diffusione (*scattering*); in questo caso si vuole determinare il potenziale agente tra due particelle, supposte note varie proprietà delle soluzioni dell'equazione di Schrödinger che regola il loro moto. Queste proprietà sono in genere espresse dai dati di *scattering*: sezioni d'urto, sfasamenti, ecc. Le prime ricerche approfondite in questo settore risalgono all'immediato dopoguerra, probabilmente stimolate dalle difficoltà che si incontravano a costruire una teoria in grado di predire le forze agenti tra i costituenti del nucleo atomico. Il problema suddetto presenta anche un notevole interesse dal punto di vista matematico dato

Thanks to the advent of increasingly powerful computers, a growing interest in 'inverse problems' increased since the possibilities of practical applications do not seem unreasonable. In fact, in some areas, the possibility has already been realized.

A precise definition of the inverse problem is perhaps impossible. In physics, for lack of a definition, one can at least attempt a description even if it is rather generic, like the one provided by R. G. Newton in the preface to this book by K. Chadan and P. C. Sabatier, *Inverse Problems in Quantum Scattering Theory*. A 'direct problem' can be described as any problem consisting of the prediction of the movement of particles on the basis of known forces or the propagation of radiation on the basis of the known constitution of the matter. An 'inverse problem' then is a problem in which one must determine the forces or the constitution of the matter on the basis of observed motion.

One problem of this kind, that has been studied at length, is the inverse problem of the quantum scattering theory. In this case one wants to determine the potential acting between two particles, assuming one knows various properties of the solution of Schrödinger's equation that regulates their motion. These properties are generally expressed by scattering data: cross-section, phase shifts, etc. The first thorough research in this area was done in the immediate postwar period, probably stimulated by the difficulties encountered in constructing a theory that could predict the forces acting between constituents of the atomic nucleus. The problem also has great interest from the mathematical standpoint since it requires the use of advanced instruments from various sectors of mathematical analysis inclu-

che richiede l'uso di strumenti avanzati in svariati settori dell'analisi matematica quali la teoria delle equazioni differenziali e integrali, l'analisi armonica, la teoria spettrale di operatori, le funzioni olomorfe, gli sviluppi asintotici, l'analisi numerica.

Il problema inverso nella Teoria quantistica dello *scattering* può essere affrontato in due modi diversi: a momento angolare fissato e a energia fissata. Il primo problema di inversione (a momento angolare fissato) è quello che è stato più a lungo studiato, e su di esso è già stato scritto un ottimo libro (Z. S. Agranovich and V. A. Marchenko, *The Inverse Problem of Scattering Theory*, Gordon and Breach, New York, 1963). Dal punto di vista matematico esso si presenta come un problema inverso in teoria spettrale, cioè un problema in cui si richiede di accertare i dati spettrali che determinano univocamente un operatore differenziale e di esibire un metodo di costruzione di questo operatore a partire dai dati. Il secondo problema di inversione, che utilizza l'ampiezza totale di *scattering* a energia fissata, è stato studiato in dettaglio solo in anni recenti, nonostante che esso sia il più naturale dal punto di vista fisico (ma è certo anche il più difficile dal punto di vista matematico). Uno dei meriti del volume di Chadan e Sabatier è di discutere, con egual cura, entrambi questi problemi (a momento angolare fissato e a energia fissata). Questo è un compito certamente molto difficile perché i risultati sono molto numerosi e sparsi in svariate pubblicazioni, spesso di difficile lettura dal punto di vista matematico. Tuttavia gli autori riescono a fornire una presentazione coerente dei procedimenti di inversione, coprendo l'ampio spettro di problemi e di metodiche.

Il libro si suddivide all'incirca in due parti: i capitoli I - IX sono dedicati al problema inverso a momento angolare fissato mentre i capitoli X - XVI sono dedicati al problema inverso a energia fissata. Finalmente il capitolo XVII contiene un'analisi di alcuni problemi inversi unidimensionali con un'interessante applicazione a soluzioni tipo solitone di equazioni di evoluzione non lineari.

ding the theory of differential and integral equations, harmonic analysis, the spectral theory of operators, holomorphic functions, asymptotic expansions and numerical analysis.

The inverse problem of quantum scattering theory can be handled in two different ways: at fixed angular momentum and at fixed energy. The first inversion problem (at fixed angular momentum) is the one that has been studied most and an excellent book has been written on it (Z. S. Agranovich and V. A. Marchenko, *The Inverse Problem of Scattering Theory*, Gordon and Breach, New York, 1963). From the mathematical standpoint it appears as an inverse problem in spectral theory, that is, a problem that requires the verification of spectral data that unequivocally determine a differential operator and the discovery of method for constructing this operator starting from the data. The second inversion problem which uses the full amplitude of scattering at a fixed energy has only recently been studied in detail, although it is the more natural one from the physical standpoint (but it is certainly more difficult from the mathematical standpoint).

One of the merits of the volume by Chadan and Sabatier is that it discusses both of these problems (at fixed angular momentum and at fixed energy) with equal care. This is certainly a difficult task because the results are very abundant and are scattered in various publications and are often difficult to read from the mathematical standpoint. Nevertheless, the authors manage to provide a coherent presentation of inversion procedures, covering the broad spectrum of problems and methods.

The book is roughly divided into two parts. Chapters I - IX are devoted to the fixed angular momentum inverse problem while Chapters X - XVI are devoted to the fixed energy inverse problem. Finally, Chapter XVII contains an analysis of some one-dimensional inverse problems with interesting applications to soliton-type solutions for non-linear evolution equations.

In the first part of the book certain classical

Nella prima parte del libro sono presentati alcuni risultati classici della teoria quantistica dello *scattering*. In particolare il capitolo I è dedicato alla discussione delle varie soluzioni dell'equazione radiale di Schrödinger (soluzione regolare, soluzione di Jost, funzioni di Jost, ecc.) con un accenno al caso di potenziali singolari. Nel capitolo II vengono affrontati i problemi relativi agli sviluppi in autofunzioni e alla completezza. Nel capitolo III si ricava la fondamentale equazione integrale di Gel'fand e Levitan, le cui applicazioni sono discusse nel capitolo IV. Nel capitolo V si analizza il metodo di Marchenko e finalmente i capitoli VI, VII, VIII sono dedicati alla discussione di svariati esempi tra i quali i potenziali di Bargman, i potenziali non locali, i potenziali 'trasparenti', ecc.

La seconda parte del libro incomincia con una discussione critica (cap. X) del problema di determinare l'ampiezza di *scattering* a partire dalla sezione d'urto elastica. Questo problema, che è fondamentale per ogni applicazione della teoria dello *scattering*, non è ancora del tutto risolto, nonostante le tecniche matematiche, eleganti e potenti, che sono state usate recentemente. I capitoli XI, XII, XIII trattano i vari metodi di inversione a energia fissa. Il capitolo XIV riguarda il problema inverso tridimensionale, mentre nel capitolo XVI vengono discussi metodi approssimati e problemi semiclassici. Finalmente il capitolo IX e il capitolo XV discutono brevemente altri metodi di affrontare il problema inverso rispettivamente a momento angolare fissato e a energia fissata.

Il libro è quindi consigliabile a tutti coloro che vogliono avere un quadro preciso e completo dei risultati conseguiti in un importante settore di ricerca, il cui interesse non è solo teorico e comunque non è solo limitato ad un particolare settore della Fisica. Infatti le metodiche qui sviluppate possono avere applicazioni anche in altri importanti settori di ricerca quali la geofisica, la propagazione di onde elettromagnetiche o acustiche, la diagnostica, ecc., cioè in tutti quei settori in cui si va affermando l'importanza di risolvere 'problemi inversi'.

results of quantum scattering theory are presented. In particular, Chapter I is devoted to a discussion of the various solutions of Schrödinger's radial equation (regular solution, Jost's solution, Jost's functions, etc.) with a brief mention of the case of singular potentials. Chapter II handles problems concerning expansion in 'eigen functions' and completeness. In Chapter III one obtains the fundamental integral equation of Gel'fand and Levitan, whose applications are discussed in Chapter IV. Chapter V analyzes the Marchenko method and finally Chapters VI, VII, and VIII are devoted to a discussion of various examples including the Bargman potentials, non-local potentials, 'transparent' potentials, etc.

The second part of the book begins with a critical discussion (Chapter X) of the problem of determining the scattering amplitude starting from the elastic cross-section. This problem, which is fundamental for any application of the scattering theory, has not been entirely solved, despite the elegant and powerful mathematical techniques that have recently been used. Chapters XI, XII and XIII deal with the various methods of inversion at fixed energy. Chapter XIV deals with the three-dimensional inverse problem, while Chapter XVI discusses approximate methods and semiclassical methods. Finally, Chapter IX and Chapter XV briefly discuss other methods of approaching the inverse problem at fixed angular momentum and at fixed energy.

The book is thus recommended to anyone who wants a precise and complete picture of the results obtained in an important area of research, in which there is not just theoretical interest and which in any case is not just limited to a particular area of physics. In fact, the methods developed here can have applications in other important areas of research including geophysics, propagation of electromagnetic or acoustical waves, diagnostics, etc. In other words, there are applications in all areas in which one recognizes the importance of solving 'inverse problems'.

MARIO BERTERO

SALEH, B.

Photoelectron Statistics

Series: Springer Series in Optical Sciences, Vol. 6
Springer-Verlag, Berlin, 1978
xv + 441 pp., tables, DM 68,—

Le sorgenti termiche dei campi elettromagnetici nella regione ottica sono sempre un insieme di un numero enorme di atomi che irradiano in modo indipendente. La descrizione della radiazione con i vettori campo elettrico e magnetico E e B, soluzioni delle equazioni di Maxwell, anche se ha dato risultati eccezionali è chiaramente una schematizzazione molto lontana dalla realtà della radiazione che è un insieme di fluttuazioni di ampiezza, di fase e di intensità. La coerenza di una radiazione è descritta dalle correlazioni che si definiscono tra le grandezze dei campi. Sperimentalmente, fino al 1956, si potevano osservare solo i fenomeni di interferenza di sorgenti coerenti ossia ottenute da un'unica sorgente puntiforme. Dopo il 1956, dopo i lavori di Forrester, Hambury Brown e Twiss che hanno indicato la possibilità sperimentale delle correlazioni delle fluttuazioni dell'intensità di radiazione è andato sviluppandosi un nuovo approccio dell'ottica fisica che ha dato maggior enfasi ad una descrizione statistica della luce. Quando un'onda luminosa illumina il catodo di un fotomoltiplicatore si attua la trasduzione di un fotone in una transizione di un elettrone da uno stato fondamentale ad uno stato eccitato. Tali transizioni registrate elettronicamente, ed eventualmente digitalizzate, sono elaborate con l'ausilio di macchine analogiche e di computer. La radiazione laser, fornendo un esempio di radiazione di coerenza decisamente diversa da quella naturale, ha contribuito enormemente a far capire tali tipi di ricerche creando nuove fenomenologie in cui hanno preso risalto gli eventi di fotoelettrone. Negli ultimi 12 anni c'è stata una grossa mole di lavoro in tale campo e questo volume ne dà una ottima sintesi esponendo la materia, come ora diremo, in modo

The termal sources of the electro-magnetic fields in the optical region are always an ensemble of an enormous number of atoms radiating independently. Even if the description of radiation by means of the electrical and magnetic field vectors E and B, the solutions of Maxwell equations, has given excellent results, it is clearly a diagrammatic formulation that is very far from the real facts of radiation, which is an ensemble of fluctuations in amplitude, phase and intensity. The coherence of a radiation is described by the correlation that are defined between the magnitudes of the fields. Experimentally, up to 1956, it was possible to observe only phenomena of interference of coherent sources, namely, those obtained from a single point source. After 1956, after the work of Forrester, Hambury Brown and Twiss, who indicated the experimental possibility of the correlations of the fluctuations in intensity of radiation, a new approach of physical optics began to be developed, placing greater emphasis on a statistical description of light. When a light wave illuminates the cathode of a photomultiplier, there is the transduction of a photon in a transition of an electron from a fundamental state to an excited state. These transitions, recorded electronically and possibly transformed into numbers, are processed with the aid of analog machines and computers. Laser radiation, providing an example of radiation of a coherence decidedly different from that of natural radiation, has helped enormously to make these types of research understood, by creating new phenomenologies in which photo-electron events are prominent. In the last 12 years an enormous quantity of work has been done in this field, and the present volume offers an excellent summary of it,

tale da creare al tempo stesso un'opera didattica sull'argomento. Diciamo ancora, volendo sottolineare il punto, che questa parte della fisica affronta in pieno il problema di come si possa trasmettere informazione praticamente mediante il rumore, quale è il campo elettromagnetico irradiato da una sorgente luminosa.

Il volume si divide in tre parti. La prima parte espone la matematica della statistica delle variabili casuali e dei processi stocastici. Va segnalata l'ampia trattazione che l'autore fa con le variabili casuali e i processi stocastici complessi; lo scopo è di descrivere la radiazione luminosa mediante una grandezza stocastica complessa. L'argomento va segnalato perché è scarsamente trattato nei testi di matematica statistica. In questa prima parte, mediante il capitolo 'Point Processes' l'autore produce anche l'analisi statistica di processi stocastici di eventi costituiti da una serie di eventi individuali e casuali. (La serie di fotoelettroni emessi da fluttuazioni luminose.)

La seconda parte tratta la descrizione statistica delle radiazioni luminose di vario tipo, quali la luce termica, la luce laser, la luce diffusa, ecc. Descritta la casualità del campo ottico sono studiate le varie relazioni spazio-temporali di un campo che ne definiscono la coerenza e le leggi della sua propagazione.

Sono esposte anche le proprietà statistiche dei fotoelettroni i cui conteggi diventano in pratica una misura di intensità luminosa e si chiarisce il tipo di relazione informatica esistente tra la statistica del campo e la statistica dei fotoelettroni. La terza parte tratta le applicazioni che sono principalmente due: sistemi di comunicazione in ottica, problemi di spettroscopia. Nella teoria della comunicazione si fa l'analisi di quale informazione si può estrarre da un segnale ottico mediante la misura di intensità di fotoelettroni. La spettroscopia da conteggio di fotoelettroni si basa sul fatto che si può misurare lo spettro di una radiazione dalla misura delle fluttuazioni di intensità luminosa e le lar-

expounding the material, as we shall show, in such a way as also to offer an educational work on the subject. In wishing to emphasise the point, let us say again that this part of physics tackles in full the problem of how it is possible to transmit information practically by means of noise, such as is the electromagnetic field radiation by a light source.
The volume is divided into three parts. In the first part the author expounds the mathematics of the statistics of random variables and of stochastic processes. Particular mention should be made of the author's full account of random variables and complex stochastic processes; the purpose is to describe light radiation by means of a complex stochastic variable. The subject should be mentioned because it is barely treated in text-books of statistical mathematics. In this first part, in the chapter entitled 'Point Processes', the author also offers a statistical analysis of stochastic processes of events consisting of a series of individual and random events. (The series of photo-electrons emitted by light fluctuations.)
The second part deals with the statistical description of light radiations of various types, such as thermal light, laser light, diffused light, etc. After describing the randomness of the optical field, the author discusses the various space-time relations of a field that define its coherence and the laws of its propagation. He also gives an account of the statistical properties of photo-electrons, the counts of which become, in practice, a measurement of light intensity, and he explains the type of informatic relation existing between the statistics of the field and the statistics of the photo-electrons. The third part is concerned with the applications, of which there are mainly two: communications systems in optics and problems of spectroscopy. In communications theory an analysis is made of what information can be extracted from an optical signal through the measurement of the intensity of photo-electrons. Spectroscopy by photo-electrons counting is based on the fact that the spectrum of a radiation can be measured from a measurement of the fluctuations in light

ghezze di banda di frequenza (fatto notevole) possono andare da pochi Hz a 10^8 Hz, quindi con un potere risolutivo che supera quello di strumenti tradizionali quali i reticoli di dispersione. In conclusione quest'opera sulla statistica della radiazione, giunge in un momento opportuno per una buona sintesi e presenta in modo completo gli strumenti matematici, la teoria e le applicazioni.

intensity and the frequency band widths (a remarkable fact) can range from a few Hz to 10^8 Hz, hence having a resolutional power that surpasses that of traditional instruments such as dispersion gratings. In conclusion, this volume appears at an opportune moment for a good summary and offers a complete account of the mathematical instruments, the theory and the applications of radiation statistics.

CARLO PONTIGGIA

SHAPIRO, S. L. (ed.)

Ultrashort Light Pulses

Picosecond Techniques and Applications
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 18
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI + 389 pp., figs. and tables, DM 97,—

Tra il 1800 e il 1850 la misura di intervalli di tempo brevi è scesa da circa 10^{-2} sec. a 10^{-7} sec. (cinque ordini di grandezza); dopo più di un secolo, dal 1965 si ha un altro sbalzo, passando in dieci anni da 10^{-9} sec. a 10^{-13} sec. guadagnando altri quattro ordini di grandezza. È ciò che innanzitutto illustra l'*editor* S. L. Shapiro nel suo capitolo introduttivo al volume.
Il concetto della 'camera a striscia' e le prime applicazioni elettroniche hanno prodotto il primo balzo, le tecniche laser ad aggancia-mento di fase hanno iniziato il secondo. I picoimpulsi laser (10^{-12} sec. di durata) permettono nuovi tipi di indagine nella materia e i campi su cui si lavora sono vibrazioni molecolari, fluttuazioni in solidi e liquidi, decadimenti fononici, fluttuazioni di plasmi, scambi energetici a livelli molecolari e fenomeni analoghi.

Dieci anni nello sviluppo attuale delle scienze è un tempo ormai sufficiente per capire e sistemare i fondamenti di nuove tecnologie e un'opera di questo tipo ne è un esempio. La generazione e la misura degli impulsi

Between 1800 and 1850 the measurement of short intervals of time was reduced from about 10^{-2} sec. to 10^{-7} sec. (five orders of magnitude). After more than a century, there was another great leap from 10^{-9} sec. in 1965 to 10^{-13} sec. ten years later, another four orders of magnitude. This is illustrated by the editor, S. L. Shapiro, in his introductory chapter to this volume.
The concept of the 'streak camera' and the first electronic applications brought about the first leap, while the techniques of mode-locked lasers began the second phase. Pico-impulse lasers (10^{-12} sec. duration) have allowed new kinds of investigations into the matter. The fields in which work is being carried out are molecular vibrations, fluctuations in solids and liquids, phononic decay, plasma fluctuations, energy exchanges on the molecular level and analogous phenomena.
Ten years in the current development of the science has been sufficient time to gain an understanding and to systematize the foundations of new technologies as exemplified by this book.

occupano due capitoli con parti in comune, cosa che non nuoce alla chiarezza. I picoimpulsi sono generati da diversi tipi di laser a stato solido o a gas agganciati in fase, in cui si impiegano sostanze coloranti all'interno delle cavità. Le tecniche di misura della durata dei picoimpulsi sono basate sul processo non lineare di generazione della seconda armonica da un cristallo opportuno sul quale si sovrappongono due impulsi laser o dalla fluorescenza da una soluzione organica in cui i due impulsi si propagano in direzioni opposte. Altra tecnica illustrata riguarda la 'camera a striscia' in versione elettronica. Segue un capitolo che tratta i principali fenomeni di ottica non lineare relativi all'impiego di impulsi laser; in evidenza l'effetto Raman stimolato e tutta una serie di effetti minori ora meglio capiti ma che hanno complicato molto le ricerche iniziali.
I capitoli 5, 6, 7 trattano l'interazione dei picoimpulsi con la materia. Le applicazioni, numerose, comportano misure di: vita media vibrazionale nei liquidi, vita media dei fononi ottici nei cristalli e degli eccitoni.
Citiamo ad esempio la distinzione tra tempo di sfasamento (decadimento delle vibrazioni dovuto alla perdita di fase degli stati delle molecole) e tempo di rilassamento (decadimento dovuto ad uno svuotamento di uno stato vibrazionale). Le misure relative a scambi energetici a livello molecolare appartengono a vari campi della chimica e sono illustrate al capitolo 6.

L'ultimo capitolo riguarda l'applicazione dei picoimpulsi alla biologia, campo relativamente nuovo e in rapida espansione.
Va segnalato che queste tecniche operano nell'analisi della materia in modo complementare ai metodi classici. Infatti i fenomeni sono analizzati in funzione della variabile tempo (grazie appunto a questi orologi ultraveloci) a completamento delle misure di frequenze e di larghezza di banda della spettroscopia classica.

L'esposizione, senza appesantimento analitico è quella gradita allo 'sperimentale'.

Two chapters are concerned with the generation and measurement of impulses. The chapters overlap in some areas, which is not conducive to clarity. Picoimpulses are generated by different kinds of solid state or gas modelocked lasers in which coloring material is used inside the cavities. The measurement techniques for the duration of picoimpulses are based on the non-linear process of generation of the second harmonic by an appropriate crystal on which two laser impulses are superimposed or by the fluorescence from an organic solution in which the two impulses are propagated in opposite directions. Another technique illustrated concerns an electronic version of the 'streak camera'. There follows a chapter that deals with the principal non-linear optical phenomena in relation to the use of laser impulses. Included are a stimulated Raman effect and a whole series of minor effects that now are better understood but that greatly complicated initial research.
Chapters 5, 6 and 7 deal with the interaction of picoimpulses with matter. The numerous applications include measurement of vibrational half-time in liquids, half-time of optical phonons in crystals and of excitons. One example is the distinction between the time of phase displacement (decay of the vibrations caused by the loss of phase of the state of the molecules) and the relaxation time (decay caused by an emptying of a vibrational state). Measurements related to energy exchanges on the molecular level belong to various fields of chemistry and are illustrated in Chapter 6.
The last chapter deals with the applications of picoimpulses in biology, a relatively new field that is expanding rapidly. One should note that these techniques operate in the analysis of matter in a way that is complementary to classical methods. In fact, phenomena are analyzed as a function of the variable time (thanks to the ultra-fast clocks) complementing the measurements of frequency and bandwidth in classical spectroscopy.
The presentation of the material, uncluttered by analysis will be appreciated by an 'ex-

Il libro, grazie anche alla bibliografia ricchissima (centinaia di riferimenti per capitolo), è destinato innanzi tutto ai ricercatori orientati su tali problemi, ma interessa anche al fisico o allo scienziato che vuole essere informato sullo stato attuale delle ultime frontiere, relative ad aspetti fondamentali delle scienze quali ad esempio la misura di tempi infinitesimi.

perimentalist'. The book, thanks also to its very rich bibliography (hundreds of references per chapter) is aimed mainly at researchers oriented towards such problems, but it would also be of interest to the physicist or scientist who wished to be informed on the present state of the latest frontiers concerning fundamental aspects of sciences such as the measurement of infinitesimal lengths of time.

CARLO PONTIGGIA

YOUNG, M.

Optics and Lasers

An Engineering Physics Approach
Series: Springer Series in Optical Sciences, Vol. 5
Springer-Verlag, Berlin, 1977
xiv + 207 pp., figs. and tables, DM 52,—

Optics and Lasers è un'opera didattica inserita nella 'Springer Series in Optical Sciences' dedicata ad aspetti in generale avanzati della ricerca nel campo della radiazione coerente. È decisamente utile che ricercatori delle varie discipline a intervalli di cinque-dieci anni propongano una sintesi in versione didattica (linguaggio il più semplice possibile e chiara definizione dei problemi) di tutto l'enorme lavoro che su scala internazionale viene svolto nel proprio campo. Questo è ciò che fa M. Young nel suo volume, proponendo un testo di ottica moderna, con indirizzo applicativo, attraverso otto capitoli: fondamenti dell'ottica geometrica, strumenti ottici, sorgenti di luce e ricevitori, ottica fisica, interferometria, olografia ed ottica di Fourier, lasers, interazione radiazione-materia. L'ottica classica è come si può immaginare assai vasta; l'ottica moderna da quindici anni a questa parte ha avuto uno sviluppo enorme. Fare un testo che presenti una sintesi attuale dell'ottica non è immediato. L'autore ha fatto certe scelte, avendo in mente una linea di sviluppo che deve portare ad una conoscenza della radiazione lu-

Optics and Lasers is an educational book in the 'Springer Series in Optical Sciences' devoted to advanced aspects of research in the fields of coherent radiation. It is decidedly useful if researchers in various disciplines write a synthesis every five to ten years of all the work that takes place on an international scale in their own field. Such a book should be written in a didactic form (using the simplest possible language and clearly defining the problems). This is what M. Young does in his book, offering a text on modern optics, with an emphasis on application. In the eight chapters he includes: fundamentals of geometric optics, optical instruments, light sources and receivers, physical optics, interferometry, holography and Fourier optics, lasers, and radiation-matter interactions. As one can imagine, classical optics is very vast. In the last fifteen years, modern optics has greatly developed. It is not immediately possible to write a text that presents a current synthesis of optics. The author has made certain choices, keeping in mind a line of development that will lead to an understanding of

minosa intesa come uno dei più potenti mezzi di indagine del mondo fisico; da qui l'aspetto applicativo dell'opera cui si accenna già nel sottotitolo. L'evidente aspetto didattico del testo è dichiarato nella prefazione dove è detto che il libro si basa sugli appunti di diversi corsi semestrali tenuti dall'autore al Reusselaer Polytechnic Institute e al Dipartimento di Fisica dell'Università di Waterloo (Canada).

L'opera sarà sicuramente consultata, se non fatta addirittura testo ufficiale, da docenti e studenti delle facoltà scientifiche al terzo o quarto anno dei nostri curriculum di studi. Come si è detto i primi 4 capitoli costituiscono un'esposizione moderna dei fondamenti dell'ottica, gli altri quattro trattano l'ottica moderna e qui vanno segnalate la chiarezza e l'essenzialità con cui sono illustrati argomenti appena usciti dalla ricerca quali: l'ottica di Fourier e i relativi processi di filtraggio spaziale, il funzionamento dei lasers compresi quelli Q-*switched* e *mode-locked*, aspetti dell'ottica non lineare ed altri, naturalmente.

Come si usa in ogni testo didattico, anche in questo ci sono nei vari capitoli problemi proposti che aiutano a comprendere meglio gli aspetti concreti degli argomenti trattati. L'unica cosa di cui ci si può eventualmente rammaricare è che almeno una parte dei problemi non sia completamente svolta; fatto questo sempre molto apprezzato dallo studente e, diciamolo, anche dal docente.

luminous radiation, considered one of the most powerful means of investigating the physical world. This leads to the applications indicated in the subtitle of the book. The author declares the obvious educational purpose of the text in the preface, which also states that the book is based on notes from several courses given by the author at the Reusselaer Polytechnic Institute and at the Department of Physics of the University of Waterloo, in Canada.

Even if the book is not made a required textbook, it will certainly be consulted by scholars and students of the sciences in the third and fourth year of our curriculum. As I have said, the first four chapters are a modern exposition on the foundations of optics. The other four chapters deal with modern optics. I should stress the author's clarity and his expression of the essence of the subject when he illustrates topics that have just developed from research. These include Fourier optics and the related processes of spatial filtering, the functioning of lasers including the Q-switched and mode-locked kind, aspects of non-linear optics and, naturally, other areas.

Following the convention of any didactic text, there are problems in each chapter that aid in the comprehension of concrete aspects of the topics handled. The only thing that one might regret is that at least part of the problems are not solved, a fact that could always appreciated by students and, let us admit, also by scholars.

CARLO PONTIGGIA

IBACH, H. (ed.)

Electron Spectroscopy for Surface Analysis

Series: Topics in Current Physics, Vol. 4
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XII + 255 pp., DM. 64,—

È un'opera collettiva, curata dal Prof. Ibach della Kernforschungsanlage di Jülich, e fa parte dei 'Topics in Current Physics' della Springer-Verlag. È scritta in inglese.
Ibach ha affidato i capitoli, corrispondenti alle varie spettroscopie elettroniche, a esperti tedeschi (tranne Fitton): a Kirschner le spettroscopie di eccitazione di livelli di *core*, a Henzler lo studio dei difetti per mezzo di diffrazione di elettroni, a Feuerbacher e Fitton la spettroscopia fotoelettrica; perfino la spettroscopia di perdita d'energia, che è la gloria d'Ibach, non è stata trattata da lui bensì affidata al suo discepolo Froitzheim. Il curatore ha inoltre affidato la parte strumentale, cioè la descrizione degli spettrometri elettronici, a due specialisti canadesi (o più precisamente del Québec), Roy e Carette; e ha scritto personalmente solo l'introduzione.
È deliberatamente esclusa la tecnica elettronica di superficie più classica e conosciuta: la diffrazione di elettroni lenti (LEED: *Low-Energy Electron Diffraction*) usata a fini di cristallografia superficiale. Ciò perché mentre un uso elementare della LEED è fin troppo ovvio, « un'analisi strutturale completa dei reticoli superficiali è ancora impedita dalle considerevoli difficoltà teoriche nella valutazione delle intensità » (p. 9). La LEED è dunque presa in considerazione solo dal punto di vista non convenzionale dell'analisi dei difetti reticolari.
L'introduzione d'Ibach è breve ma illuminante, perché tratta punti essenziali quali la valutazione della profondità d'informazione e il confronto delle spettroscopie elettroniche con quelle non elettroniche e fra loro.
L articolo di Roy e Carette sugli spettrometri, anche se ovviamente specialistico, per-

This work is a collection of articles edited by Professor Ibach of the Kernforschungsanlage of Jülich, and is part of the series 'Topics in Current Physics' published by Springer-Verlag. It is written in English.
Ibach has entrusted the chapters, corresponding with various kinds of electron spectroscopy, to German (apart from Fitton) experts. Kirschner deals with excitation spectroscopy of core levels, Henzler discusses the study of defects by means of electron diffraction, Feuerbacher and Fitton handle photoelectric spectroscopy. Even the spectroscopy of energy loss, which is Ibach's forte, is not handled by him but by his disciple, Froitzheim. Furthermore, the editor has given the instrument section, i.e. the description of electron spectrometers, to two Canadian (more precisely, from Québec) specialists, Roy and Carette. The editor himself has only written the introduction.
Ibach has deliberately excluded the more classic and wellknown surface electron technology, that is, slow electron diffraction (LEED: Low-Energy Electron Diffraction) as is used for surface crystallography. This is because while an elementary use of LEED is perhaps too obvious, « a full structure analysis of surface lattices is still impeded by the considerable theoretical difficulties in the intensity evaluation » (p. 9). Thus LEED is only taken into consideration from the non-conventional standpoint of the analysis of lattice defects.
Ibach's introduction is brief but illuminating as it deals with essential points including the evaluation of the information depth and the comparison among electron and non-electron spectroscopies.
Even if it is obviously specialized, the article by Roy and Carette on spectrometers offers

mette anche un primo orientamento al non specialista. Particolarmente benvenuto, da questo punto di vista, il glossarietto a p. 51 che traduce il *mare magnum* di sigle (da AEAPS a XPS) designanti i vari spettrometri e le varie spettroscopie, che affligge e rende esoterico questo settore.

L'articolo di Kirschner copre il campo vastissimo delle spettroscopie elettroniche coinvolgenti stati di *core*, sia del tipo « entrano elettroni - escono elettroni », sia del tipo « entrano elettroni - escono fotoni » (il tipo « entrano fotoni - escono elettroni » è trattato da Feuerbacher e Fitton). Risulta inevitabilmente un po' dispersivo — ma va ben oltre una semplice rassegna d'esperimenti, grazie all'attenzione di Kirschner al confronto critico tra le diverse spettroscopie (in particolare dal punto di vista della sensibilità ai diversi elementi). L'attenzione è prevalentemente focalizzata sulle spettroscopie di soglia.

Particolarmente interessante l'articolo di Henzler sui difetti (che fra parentesi sfata il luogo comune secondo cui la LEED sarebbe poco sensibile ai difetti). La trattazione è semplice e si basa su un uso molto sistematico della trasformazione di Fourier. Si studiano nell'ordine i difetti zerodimensionali o puntuali, quelli unidimensionali (gradini), quelli bidimensionali (domini, faccette). L'analisi di Henzler potrebbe essere utilmente applicata anche alla diffrazione di atomi. Unica critica: la discussione dei limiti dell'approssimazione cinematica, a p. 118, è piuttosto superficiale.

La spettroscopia di fotoemissione è descritta da Fuerbacher e Fitton, due ricercatori dell'Agenzia Spaziale Europea di Noordwijk (Olanda). Questa spettroscopia, basata sull'effetto fotoelettrico, è chiamata talvolta ESCA (*Electron Spectroscopy for Chemical Analysis*) ma oggi si preferisce la sigla XPS (*X-ray Photoemission Spectroscopy*), o UPS per l'analogo ultravioletto. Si tratta di spettroscopie abbastanza complesse, a volte capaci di dare informazioni raffinate, di rado però inequivocabili.

a first orientation for the non-specialist. Particularly welcome, from this standpoint, is the short lexicon on p. 51 which translates the wilderness of initials (from AEAPS to XPS) used to designate the various spectrometers and various kinds of spectroscopy; such abbreviations afflict this field and make it look esoteric.

Kirschner's article covers the very broad field of the kinds of electron spectroscopy, that involve core states, both of the « electron in - electron out » type and of the « electron in - photon out » kind (the « photon in - electron out » kind is handled by Feuerbacher and Fitton). The information is slightly scattered but it goes well beyond a simple account of experiments, thanks to Kirschner's care in the critical comparison between the different kinds of spectroscopy (particularly from the standpoint of the sensitivity to various elements). Attention is mainly focussed on threshold spectroscopy.

Henzler's article on defects is particularly interesting. (It incidentally explodes the common belief that LEED would not be sensitive to defects.) The handling of the material is simple and is based on a very systematic use of the Fourier transformation. It studies zero dimensional or point defects, one-dimensional (step) defects, two-dimensional (domain, facet), defects. Henzler's analysis could also be usefully applied to the diffraction of atoms. My only criticism is that the discussion of the limits of the kinematic approximation on p. 118 is rather superficial.

Photoemission spectroscopy is described by Feuerbacher and Fitton, two research fellows from the European Space Agency in Noordwijk (Netherlands). This kind of spectroscopy, based on the photoelectric effect, is sometimes called ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) but today the preferred abbreviation is XPS (X-ray Photoemission Spectroscopy) or UPS for the analogous ultraviolet spectroscopy. These are quite complex kinds of spectroscopy that at times can give detailed but rarely unequivocal information.

Infine l'ultimo capitolo sulla spettroscopia di perdita d'energia (una variante della LEED dove però si privilegia appunto l'analisi in energia anziché in angolo) è di Froitzheim. È una spettroscopia attraente, in quanto l'analisi è semplice e comprensibile. Esiste una teoria decente del fenomeno (quella di Evans e Mills). Si ha inoltre una sensibilità a effetti di bassa energia che mette questa spettroscopia in concorrenza con la spettroscopia infrarossa — con vantaggio però perché, mentre con l'infrarosso non si può praticamente scendere sotto 100 meV = = 800 cm^{-1}, con gli elettroni si può arrivare fin verso i 20 meV e studiare così i fononi o i deboli legami degli atomi adsorbiti con la superficie (p. 225). Si ha anche, naturalmente, una più convenzionale spettroscopia di perdita d'energia negli eV.

Per concludere con un giudizio inevitabilmente soggettivo, i due articoli di Henzler e Froitzheim rendono anche interessante un libro che sarebbe comunque un utile strumento per un individuo o un laboratorio che debbano orientarsi fra gli strumenti di analisi spettroscopica di superficie.

Finally, the last chapter on spectroscopy of energy loss (a variant of LEED where priority is given to energy, rather than angle, analysis) is by Froitzheim. This is an attractive kind of spectroscopy in that the analysis is simple and easy to understand. There exists a decent theory of the phenomenon (by Evans and Mills). In addition, it offers a sensitivity to low energy effects that makes this spectroscopy compete with infrared spectroscopy. It also has an advantage because while with infrared one cannot practically go below 100 meV = 800 cm^{-1}, with electrons one can reach about 20 meV and thus study the phonons and the weak bonds between the adsorbed atoms and the surface (p. 225). Naturally there is also a more conventional energy loss spectroscopy in the eV range.
To conclude with an inevitably subjective opinion, the two articles by Henzler and Froitzhem make this book particularly interesting, though in any case this volume would be a useful tool for an individual or a laboratory wishing to become oriented among the instruments of spectroscopic analysis of surfaces.

ANDREA LEVI

PILLER, H.

Microscope Photometry

Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII + 253 pp., figs. and tables, DM 68,—

L'introduzione di questo libro contiene una precisazione che ne indica subito il livello: è nato, infatti, in seno alla Zeiss di Oberkochen.
Il termine 'fotometria microscopica' ha un ampio significato. L'autore ne precisa subito i limiti entro i quali intende rimanere: non si descrivono dettagliatamente né microfotometri, né micro-spettrometri, né microdensitometri (a questo scopo si rimanda ai manuali forniti dalle ditte produttrici). Si considera, invece, il microscopio ordinario, al quale vengono aggiunti speciali moduli meccanici, ottici ed elettrici, devoluti, in

A few words in the introduction to this book immediately establishes its level. It arose in the very heart of the Zeiss Company in Oberkochen.
The term 'microscope photometry' has a broad meaning. The author quickly establishes the limits he intends to set. There are no detailed descriptions of microphotometers, microspectrometers or microdensitometers (he refers the reader to the manufactutrers' manuals for these). Instead he considers the ordinary microscope to which special mechanical, optical and electrical parts can be added, according to energy reflected and

particolare alla misura dell'energia riflessa e trasmessa, incluse le tecniche interferenziali e la misura della fluorescenza. Particolare spazio è dedicato all'esame della bontà ottica dell'immagine, dal momento che la fotometria microscopica è proprio interessata alla misura dell'energia nelle immagini (a differenza della macrofotometria, in cui la misura viene fatta direttamente sull'oggetto). Oltre alla geometria dell'immagine microscopica ed al processo della sua formazione, per diversi tipi di illuminazione, si passa quindi al transfer dell'energia, sino al rivelatore (cadendo così nella distinzione fra radiometria e fotometria). Si tratta inoltre il problema della stabilizzazione delle sorgenti e della loro modulazione; si passa, quindi, ai dispositivi per la monocromatizzazione, ai condensatori, ai riflettori, agli oculari, ecc.

Oltre alla descrizione dei fotosensori e delle loro caratteristiche elettriche, troviamo interessante il capitolo dedicato agli aggiustamenti, ai procedimenti sperimentali, cui si deve ricorrere nel trattamento della birifrangenza, dei sistemi biologici e non. Si conclude con il trattamento statistico degli errori.

Il volume non è appesantito dall'indagine bibliografica: si rimanda ad alcuni volumi chiave e quindi alla loro bibliografia. Questo porta a reprimere lo sdegno istintivo, notando la mancanza di alcune fonti che crediamo autorevoli.

In genere, i libri di fotometria suscitano scetticismo: chi fa uso di questa 'materia' senza essere uno dei pochi specialisti, sa che i libri forniscono alcune nozioni base ma che, in pratica, ci si deve 'arrangiare' per risolvere i problemi.

La reazione suscitata dalla '*microscope photometry*', nei giorni in cui è rimasta sulla scrivania, in attesa del momento della recensione, è stata molto favorevole. Studenti e colleghi, attratti dal titolo, lo hanno sfogliato e, con espressioni di approvazione, hanno preso le note necessarie per procurarselo. Questo atteggiamento ci sembra, di per sé, indicativo dell'accoglienza che il volume potrà avere nell'ambiente tecnico-scientifico.

transmitted. He includes interference techniques and techniques for measuring fluorescence. A large section is devoted to a study of the optical quality of the image where the microscope photometry is concerned with the measurement of the energy in the images (as opposed to macrophotometry in which the measurement is made directly on the object). In addition to discussing the geometry of the microscopic image and the process of its formation, under different kinds of illumination, the author moves on to the transfer of energy to the detector (thus stressing the distinction between radiometry and photometry). In addition he discusses the problem of the stabilization of the sources and their modulation. He then moves on to such devices as monochromators, condensors, reflectors and eyepieces, etc.

In addition to descriptions of photosensors and their electrical characteristics, of interest is the chapter on adjustments and experimental procedures required for handling double refraction of biological and non-biological systems. The book concludes with a discussion of the handling of statistical errors.

The volume is not burdened by a lengthy bibliography. The author refers us to certain key volumes and thus to their bibliographies. As a result I refrain from expressing an instinctive scorn, as I note the lack of certain references that I feel are authoritative.

In general books on photometry arouse skepticism; those who use this 'material' and who are not the rare specialists, know that such books provide certain basic concepts, but that in practice, one must 'find one's way' in solving problems. While *Microscope Photometry* was on my desk waiting to be reviewed, the reaction to it was very favorable. Students and colleagues, attracted by the title, leafed through it, expressed approval and took details in order to purchase it. This attitude in itself seems indicative of the reception this volume may have in the technical and scientific environment.

LUCIA ROSITANI RONCHI

QUEISSER, H. J. (ed.)

X-Ray Optics

Applications to Solids
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 22
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI + 227 pp., figs. and tables, DM 76,—

Questo volume tratta tre campi di applicazione dei raggi X: le tecniche litografiche, l'interferometria, i metodi topografici di studio delle imperfezioni dei monocristalli.
Viene offerto un panorama aggiornatissimo di metodologie ancora quasi tutte in fase di rapida evoluzione, che lasciano intravvedere una possibilità di risultati pari a quelli ottenuti nella strutturistica cristallografica negli ultimi decenni.
La prima sezione è dedicata al problema della produzione di fasci di raggi X ad altissima intensità continui e pulsati mediante impiego, accanto alle tradizionali sorgenti ad anodo rotante, della luce di sincrotrone e di plasmi generati da laser di grande potenza.
Queste sorgenti assumono notevole importanza per generare i raggi X molli che vengono impiegati nella litografia, alla quale è dedicata la seconda sezione del libro. In questo campo, data l'elevata risoluzione ottenibile rispetto all'impiego attuale di radiazioni ultraviolette, si aprono notevoli prospettive nella tecnologia della micro-miniaturizzazione dei circuiti, con un aumento del numero e densità delle funzioni.
La terza sezione è dedicata alla interferometria a raggi X, inventata da Bonse nel 1965, che apre la prospettiva di estendere alle lunghezze d'onda dell'ordine dell'Ångstrom le tecniche dell'interferometria ottica. È questo uno strumento estremamente sensibile per lo studio dei difetti in cristalli quasi perfetti, per misure accurate dei fattori atomici di diffusione, per misure assolute di parametri reticolari, ed offre la possibilità di ottenere talune informazioni su scala subatomica.
Gli interferometri a raggi X finora realizzati sfruttano riflessioni alla Bragg o alla Laüe

This book deals with three fields of application of X-rays: lithographic techniques, interferometry and topographic methods of studying the imperfections in monocrystals.
It gives a very up-to-date view of methods almost all of which are still in a phase of rapid evolution. These methods present the possibility of obtaining results equal to those achieved in the study of crystallographic structures in the last decades.
The first section of the book deals with the problem of the production of very high intensity sources of X-rays continuous and pulsed obtained from the traditional rotary anode sources and from synchrotron light and plasmas generated by high powered lasers.
These sources take on great importance for the generation of soft X-rays that are used in lithography. The second section of the book deals with this field. Because of the high resolution that can be obtained compared with the current use of ultraviolet radiation, new horizons are opening in the technology of micro-miniaturization of circuits, with an increase in the number and density of functions.
The third section is devoted to X-ray interferometry, invented by Bonse in 1965. This field opens the possibility of extending the techniques of optical interferometry to wavelengths in the order of Ångstroms.
This is an extremely sensitive instrument for the study of defects in nearly perfect crystals, for the accurate measurement of atomic scattering factors, and for the absolute measurement of lattice parameters. It also offers the possibility of obtaining some information on a subatomic scale.
Present day X-ray interferometers use Bragg and Laüe reflections or combinations of both,

o combinazioni di entrambe, richiedendo quindi un controllo rigorosissimo delle condizioni geometriche: per questo tutti i componenti (specchi, beam-splitters, analizzatori) vengono intagliati in un unico cristallo di elevata perfezione.
In questa sezione viene trattata parallelamente anche la interferometria mediante neutroni, data la forte analogia esistente tra raggi X e neutroni sia dal punto di vista sperimentale che teorico.
L'ultima parte del volume è dedicata alle tecniche di studio delle imperfezioni dei monocristalli, iniziate e sviluppate parallelamente alle tecniche di crescita di cristalli di grandi dimensioni ed elevata perfezione, tecniche di grande importanza pratica sia per caratterizzare i materiali che per individuare l'influenza dei trattamenti sulla loro struttura.
In questa sezione viene succintamente esposta la teoria dinamica della diffrazione dei raggi X, indispensabile per chiarire e comprendere la notevole elaborazione matematica necessaria per ricavare informazioni di carattere strutturale dalle tecniche topografiche.
L'ultimo capitolo è dedicato ai recenti tentativi di sostituire anche in questa tecnica i metodi digitali di elaborazione del segnale ai rivelatori a lastra fotografica, ai quali vengono richiesti standards troppo elevati di qualità e risoluzione per poter ottenere informazioni di grande dettaglio.
Anche in questa sezione viene trattata l'utilizzazione dei neutroni, paragonando le limitazioni strumentali ed il livello di risoluzione raggiungibile rispetto ai raggi X.
Tutti gli argomenti sono trattati in modo esauriente ed approfondito pur nella necessaria compattezza in questo volume di sole 227 pagine, che costituisce una chiara e sintetica sorgente di informazione per coloro che si interessano di metodi di indagine ad elevata risoluzione applicati allo studio dello stato solido.

thus requiring a very rigorous control of geometric conditions. For this reason, all the components (mirrors, beam-splitters, analyzers) are cut from a single crystal of a high level of perfection.

This section also deals with interferometry by means of neutrons because of the strong analogy between X-rays and neutrons both from the experimental and theoretical standpoint.
The last part of the book deals with techniques for studying monocrystals, which were introduced and developed in parallel with the techniques for growing crystals of large dimensions and high levels of perfection. These techniques have great practical importance both for characterizing the materials and for identifying the effect of treatment on their structure.
In this section, the dynamic theory of X-ray diffraction is succinctly exposed. The theory is indispensable for the clarification and understanding of the considerable mathematical knowledge needed in order to obtain structural information from topographical techniques.

The last chapter is devoted to recent attempts to use direct-display systems instead of photographic plates, that cannot achieve the required levels of resolution. This section also deals with the use of neutrons, comparing the limitations of the instruments and the level of resolution that can be achieved with X-rays.
All the topics are treated thoroughly and in depth despite the compactness of this 227 pages volume. It summarizes and gives a clear source of information for those who are interested in high resolution methods of investigation applied to the study of solid state.

ANTONIO DELLA GIUSTA

DAVIES, P. C. W.

Space and Time in the Modern Universe

Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIII + 232 pp., tables, £ 2.95

Quale rilevanza hanno sulla società le attuali conoscenze sulle dimensioni fisiche spazio-tempo che la moderna astrofisica ci fornisce? La risposta è: nessuna. Perché? Perché queste conoscenze non hanno un rilievo immediato, diretto, concreto sulla nostra vita, nè sui fenomeni biologici in sé, né sui problemi scientifici e tecnologici nei quali l'uomo è oggi impegnato per migliorare la sua esistenza. Tutti i requisiti necessari per questi scopi sono soddisfatti dalle leggi della meccanica classica.
Ma è lecito domandarsi se è in queste dimensioni che si esaurisce la capacità creativa e conoscitiva dell'uomo nel determinare la sua storia, la sua cultura.

Davies con questo libro sembra giustamente convinto di no, e ci fornisce i termini attuali della relatività generale dello spazio-tempo dell'Universo a dimostrare che la struttura dello spazio e del tempo è alla base di tutte le nostre operazioni conoscitive.
Il libro ci dà, in una forma descrittiva, le basi delle nostre attuali conoscenze sulla struttura spazio-tempo dell'universo fisico e del suo significato nel mondo dell'astrofisica. Partendo dal concetto matematico della continuità attraverso la meccanica classica, arriva alla teoria elettromagnetica e allo spazio-tempo della relatività generale, dal mondo microscopico della quantomeccanica all'Universo nel suo insieme; e puntualizza la simmetria delle leggi fisiche con la asimmetria dei processi naturali rispetto al tempo, interpretando il significato di questa dualità. Conclude con la descrizione dell'Universo che risulta dalla attuale definizione delle dimensioni spazio-tempo. Pone il problema dell'inizio e della fine in un modello metastabile dell'universo.
Da ultimo, a conclusione del moderno qua-

What is the importance to society of present-day knowledge on the physical space-time dimensions provided by astrophysics? The answer is ... none. Why? Because this knowledge has no immediate, direct and concrete influence on our lives, or on biological phenomena in themselves or on the scientific and technological problems with which man is engaged today in order to improve his existence. All the necessary requisites for such purposes are fulfilled by the laws of classical mechanics.
But it is permissible to ask oneself whether it is in these dimensions that man's creative and cognitive capacities are expended in determining his history and culture.
In this volume the author seems rightly convinced to the contrary and he offers us the present-day terms of the general relativity of space-time of the Universe as proof that the structure of space and time underlies all our cognitive operations.
The volume provides us, in the form of a description, with the bases of our present-day knowledge of the space-time structure of the physical universe and of its significance in the world of astrophysics. Starting from the mathematical concept of continuity through classical mechanics, the author arrives at the electro-magnetic theory and the space-time of general relativity, from the microscopic world of quantum mechanics to the universe in its entirety, and compares the symmetry of the physical laws with the asymmetry of the natural processes with respect to time, with an interpretation of the significance of this duality. He concludes with a description of the universe as it results from the present-day definition of space-time dimensions. He raises the problem of the beginning and end in a metastable model of the universe.

dro fisico dell'Universo viene considerata la evoluzione dell'uomo, e questo è forse il capitolo che più soffre dei riduzionismi descrittivi operati dall'autore, non sono così chiare, infatti, come l'autore sostiene, le conoscenze delle basi fisiche della vita.
È molto difficile riuscire in una operazione culturale di questo genere se si considera che taluni aspetti salienti di questa modellistica soffrono ancora di grandi indeterminazioni, ad esempio la conciliabilità della teoria quantica e della relatività generale, è ancora lontana dall'essere chiarita malgrado il progresso che è stato fatto nella quantomeccanica dei buchi neri.

Credo tuttavia che il libro raggiunga il suo scopo. Infatti non ci sono contraddizioni, affermazioni o ipotesi che possano alterare i fondamenti della attuale conoscenza di questi fenomeni, mentre viene offerta con un linguaggio accessibile l'opportunità che queste problematiche arrivino a un più ampio numero di utenti.

To complete the modern physical picture of the universe, he considers the evolution of man, and this is perhaps the chapter that has suffered most from his curtailment of the descriptions; in fact, our knowledge of the physical bases of life is not as clear as the author would like to make out.
It is very difficult to succeed in producing a cultural work of this kind, if one considers that certain salient aspects of this construction of a model are still surrounded by considerable uncertainty; for example, the extent to which it is possible to reconcile the quantum theory with general relativity is still far from being clarified, despite the progress that has been made in the quantum mechanics of the black holes.
However, I consider that the volume achieves its purpose. Indeed, there are no contradictions, assertions or hypotheses, which may alter the foundations of our present knowledge of these phenomena, and the volume offers, in a language accessible to all, the chance for a greater number of readers to acquire a knowledge of the problems concerned.

ALESSANDRO L. KOVÁCS

WEINBERG, S.

Les trois premières minutes de l'univers

Editions du Seuil, Paris, 1978
211 pp., figs. and tables, No price stated

L'autore è un fisico, noto autore di studi sulle particelle elementari e sulla gravitazione universale. Da quando nella cosmologia si sono inserite le più recenti teorie sulle particelle elementari, l'ipotesi dell'esplosione iniziale (*big bang*), enunciata una trentina d'anni fa partendo dal concetto di un universo in espansione, è stata modificata, perfezionata e ha acquisito un credito più largo. Una svolta importante in questo campo è avvenuta nel 1965, quando è stato scoperto un rumore di fondo millimetrico di onde radio cosmiche, rumore poi interpretato come segnale ancora persistente derivato dall'esplosione iniziale.

La storia dei primi tre minuti dell'universo è il racconto delle trasformazioni di energia in materia e viceversa, avvenute subito dopo l'esplosione iniziale, nel corso di una rapidissima diminuzione di temperatura, che in origine poteva essere di molti miliardi di gradi Kelvin. Si sa che, sopra una certa soglia di temperatura, le collisioni tra fotoni (energia pura) possono produrre particelle materiali.

L'autore comincia a narrare gli avvenimenti fisici che si sarebbero svolti con ritmo vertiginoso a partire da qualche frazione di secondo dopo l'istante zero, quando la temperatura dell'universo era scesa a circa 100 miliardi di gradi Kelvin. Allora l'universo era una 'zuppa' indifferenziata di materia e radiazione, nella proporzione di un protone o neutrone per ogni miliardo di fotoni. Quella mistura, in un universo in espansione e in un campo gravitazionale, ha subìto trasformazioni capaci di fornire tutti gli ingredienti dell'universo attuale.

Il susseguirsi a catena degli avvenimenti non può essere riassunto né espresso in termini di facile divulgazione; secondo l'autore il libro è destinato a lettori che desiderano

The author of this book is a physicist, well known for his studies on elementary particles and universal gravitation. Since the most recent theories on elementary particles have been introduced to cosmology, the theory of an initial explosion (the big bang theory) expounded about thirty years ago, starting with the concept of an expanding universe, has been modified, perfected and has gained greater support. An important development in the field occurred in 1965 when background noise in the millimeter wavelenght region was discovered and interpreted as a signal that derived from the initial explosion.

The story of the first three minutes of the universe is a story of transformations of energy into matter and vice versa. This occurred immediately after the initial explosion in the course of a very rapid decrease in temperature which at first may have been of many millions of degrees Kelvin. It is known that over a certain temperature threshold, the collisions between photons (pure energy) can produce material particles.

The author begins by relating the physical events that would have occurred at breakneck speed starting a few seconds after time zero, when the temperature of the universe had dropped to 100 million degrees Kelvin. At that time the universe was an undifferentiated mass of matter and radiation in the ratio of one proton or neutron for every million photons. In an expanding universe, and in a gravitational field, this mixture underwent transformations capable of providing all the ingredients of the existing universe.

The chain reaction of events cannot be summarized nor expressed in easy terms for the layman. According to the author, the book

entrare nel dettaglio delle dimostrazioni, senza essere matematici o fisici, ma che tuttavia devono essere provvisti di conoscenze generali di fisica e di astronomia. Un capitolo di *Supplemento matematico* espone gli sviluppi matematici per chi desiderasse conoscere i fondamenti di certe asserzioni; un 'Glossario' aiuta felicemente a precisare il significato dei termini usati.
Nonostante la complessità degli argomenti trattati, l'esposizione è ben ordinata e chiara; la lettura del libro è di grande interesse, non soltanto per il contenuto, che condensa le più recenti conoscenze, ma anche perché si presta a qualche considerazione epistemologica. È naturale porsi questa domanda: se studi e ricerche degli ultimissimi anni (e specialmente la collaborazione e scambio di informazione fra sperimentatori e teorici) hanno consentito di delineare per i primi momenti dell'universo un modello così ricco e convincente, tra dieci o vent'anni il modello stesso risulterà ancora valido e arricchito oppure in parte consistente modificato? È chiaro che una risposta ora è impossibile. A questo proposito va riconosciuto all'autore il merito di non aver ceduto alla tentazione, facile per certi divulgatori, di presentare la materia trattata come conquista di una verità assoluta, ma di aver esposto le teorie nel quadro dei presupposti che hanno consentito le loro formulazioni. Siamo così condotti a pensare che il modello proposto per spiegare i primi momenti dell'universo è il migliore che si possa immaginare sulla base delle attuali conoscenze, ma che l'argomento è ancora per molti aspetti aperto. La validità di una teoria o di un modello fondato su più teorie è misurata dalla critica dopo tempi non prevedibili.
La concatenazione storica delle ricerche indirizzate al tema trattato nel libro è narrata in un breve ma interessante capitolo; ne riporto soltanto una frase molto espressiva: «Come accade spesso in fisica, il nostro errore non è di prendere le nostre teorie troppo sul serio, ma di non prenderle abbastanza sul serio».

is aimed at readers who want a detailed look into the evidence. The readers need not be mathematicians or physicists, but they must be equipped with a general knowledge of physics and astronomy. A chapter of the *Mathematical Supplement* exposes mathematical developments for anyone wishing to understand the foundations of certain assertions. The 'Glossary' is very useful for specifying the meaning of the terms used.
Despite the complexity of the topics discussed, the exposition is well-organized and clear. The book is of great interest not only for its content, which condenses the latest knowledge, but also because it lends itself to epistemological considerations. It is natural to pose the following question: if studies and research in recent years (especially the collaboration and exchange of information between experimentalists and theorists) allowed us to create such a rich and convincing model for the first moments of the universe, will the model still be valid and enriched in ten or twenty years or will it be substantially modified? It is clear that it is impossible to give an answer now. On this line, the author should be credited for not having succumbed to the temptation (a great temptation for some popularizers of science) to present the material as absolute truth. Instead, he has exposed the theories within the framework of suppositions that allowed their formulation. Thus we are led to believe that the model proposed to explain the first moments of the universe is the best one can imagine on the basis of current knowledge, but that the topic is still open under many aspects. The validity of a theory or a model based on several theories is measured by the criticism after an unpredictable lenght of time.
The historical sequence of research on 'the first three minutes of the universe' is related in a brief but interesting chapter. I shall quote only one expressive sentence: «As often happens in physics, our mistake is not that we take our theories too seriously but that we do not take them seriously enough».

LIVIO TREVISAN

DIJKSTRA, E.W.

A Discipline of Programming

Series: Prentice Hall Series in Automatic Computation
Prentice Hall, Hemel Hempstead, 1976
XVII + 217 pp., £ 14.00

Nel 1969 E. W. Dijkstra presentò le sue *Notes on Structured Programming* che sarebbero poi diventate la parte introduttiva e principale del libro *Structured Programming* di Dahl, Dijkstra e Hoare pubblicato nel 1972 da Academic Press.
Da quel momento sono decine i libri e centinaia gli articoli che si sono proposti di discutere, arricchire, articolare i concetti, gli strumenti e le applicazioni della metodologia di programmazione proposta da Dijkstra sotto il nome di *Programmazione Strutturata* (P. S.).
Questa è stata, in origine, proposta come metodologia di organizzazione del pensiero che favorisce una espressione comprensibile del problema da risolvere ed una corretta scrittura del processo computazionale che fornisce questa soluzione.
Si assume quindi il programmare, nella sua accezione più generale e complessiva, come attività mentale complessa, e si propongono strumenti concettuali (linguaggi, metodi di analisi e soluzione dei problemi, metodi di verifica della correttezza del processo in atto) che consentano un razionale e sistematico sviluppo del programma. In questa luce le strutture dei dati da una parte, e le strutture di controllo dall'altra vengono studiate e proposte come concetti strutturanti, le prime, l'organizzazione delle informazioni che devono essere processate, le seconde, il processo di calcolo che deve realizzare l'algoritmo; esse sono quindi modelli concettuali per l'organizzazione del pensiero. Questi modelli vanno usati per sviluppare il programma per raffinamenti successivi dal livello iniziale completamente non specificato, al livello finale completamente specificato (metodo *top-down*).
Le asserzioni di ingresso e di uscita, che,

In 1969 Dijkstra came out with his *Notes on Structured Programming*, later to become the introductive and principle part of the book *Structured Programming* by Dahl, Dijkstra and Hoare, published in 1972 by the Academic Press.
From that moment, dozens of books and hundreds of articles have appeared with the aim of discussing, enriching and articulating the concepts, the instruments and the applications of the programming methodology suggested by Dijkstra under the name of *Structured Programming* (S. P.).
In the first place this was proposed as a methodology of thought organization favouring a comprehensible expression of the problem to be solved and the correct transcription of the computational process by means of which this solution is reached.
Programming is thus considered, in its widest and most general sense, as a complex mental activity, and conceptual instruments are proposed (languages, methods of problem analysis and solution, methods for verifying the correctness of the computing process) which allow a rational and systematic development of the program.
In this perspective, data structure on the one hand and the control structure on the other are studied and proposed as the structuring concepts, the former, of the organization of the information to be processed and the second, of the computing process which the algorithm is to achieve. Thus these are conceptual models of the organization of thought.
These models are used for developing the program by means of successive refinements from the original, completely non-specified level to the final, completely specified level (top-down method). The input and output

descrivendo le relazioni tra argomenti e valori esprimono la semantica del programma, non sono più viste staticamente come un mezzo per verificare la correttezza del codice scritto rispetto al problema, ma sono interpretate dinamicamente come uno strumento che, in ogni fase del processo di costruzione dell'algoritmo, consente la verifica della giustezza di quanto fatto e la precisa conoscenza di quanto resta da fare, e dà preziose indicazioni sulle scelte da attuare per realizzarlo.

Gli sviluppi che sono seguiti nel dibattito hanno in generale ridotto fortemente lo spessore delle tematiche comprese dalla P. S. (vi sono naturalmente significative eccezioni, basti pensare ad esempio alle opere di Wirth).

Un glossario apparso recentemente su una importante rivista tecnica (*Computer*, Luglio 1977) dà ad esempio la seguente definizione della P. S.:

« La tecnica usata per sviluppare programmi strutturati (cioè che usano un numero limitato di strutture logiche). Associate alla teoria sono certe pratiche come l'indentazione del codice per rappresentare livelli logici innestati, l'uso di nomi di dati significativi e di commenti descrittivi ».

Si tende insomma a ridurre la P. S. da metodologia a tecnica, strutture dei dati e strutture di controllo sono diventati rigidi vincoli sintattici che hanno dato origine a regole standard per la costruzione di programmi: ne deriva una immagine della programmazione come attività basata sulla ripetizione di semplici operazioni, e non viene data risposta alla complessità concettuale dell'invenzione dei programmi. Altre ricerche per un altro verso hanno invece limitato il loro interesse ai modi per costruire programmi con particolari attributi (modularità, indipendenza delle strutture dei dati dalle loro rappresentazioni, ecc.) senza vedere queste proprietà come risultati di un processo razionale unitario.

In questa impostazione le asserzioni sono state ricondotte ad uno strumento passivo di documentazione e verifica dei programmi, e il metodo *top-down* nello sviluppo dei

assertions, which, describing the relations between arguments and values, express the program semantics, are no longer seen statically as a means for verifying the correctness of the written code with respect to the problem; instead they are interpreted dynamically as an instrument which, in each phase of the process of the algorithm construction, allows a verification of the correctness of what has been done and a precise knowledge of what has still to be done, as well as giving meaningful indications as to the choices to be made for doing it.

In the debate, the developments which have followed have generally tended to make a drastic reduction in the weight and variety of the themes included in S. P. (of course, significant exceptions do exist; it is sufficient to mention, for example, the work of Wirth).

A glossary which appeared recently in an important technical review (*Computer*, July 1977) gives, for example, the following definition of S. P.:

« The technique used for developing structured programs (that is, using a limited number of logical structures). Certain practices are associated with this theory, such as indenting the code to represent nested logical levels, the use of significative data names and of descriptive comments ».

There is a tendency to reduce S. P. from methodology to technique; the data structures and control structures are becoming rigid syntactic links which have given origin to standard rules for program construction. The resulting image of programming is that of a mere repetition of simple operations, while the conceptual complexity behind the invention of programs is passed over completely. Along different lines, other research work has not gone beyond the ways of constructing programs with particular attributes (modularity, independence of the data structures from their representations etc.) without however viewing these properties as the results of an unitary rational process.

These approaches reduce the assertions to a passive instrument of program documenta-

programmi si è ridotto ad una decomposizione della programmazione in azioni semplici.
Queste tendenze nello sviluppo del dibattito sulla P. S. hanno motivazioni complesse, tra le quali hanno particolare importanza quelle di ordine produttivo e concettuale. Da una parte in questo modo si sono definite tecniche di programmazione che hanno dato origine a forme di organizzazione e divisione (parcellizzazione) del lavoro di programmazione, che stanno trasformando il modo di produzione del software. Dall'altro è mancato alla programmazione strutturata il sostegno di una teoria della programmazione che fornisse una base rigorosa all'interpretazione del programma come sintesi del problema che deve risolvere: le ricerche sulla sintesi automatica dei programmi che capovolgono il tradizionale concetto di funzione computabile mettendo in primo piano il problema della scoperta di un algoritmo che calcola i valori che soddisfano una certa relazione, rispetto al problema della scoperta della relazione soddisfatta dai valori calcolati da un certo algoritmo, sono infatti solo agli inizi e ristrette per ora a nuclei ridotti di specialisti.
È in questo quadro che a rilanciare il dibattito, a mettere in crisi gli orientamenti che si andavano consolidando, a proporre nuovi filoni di riflessione e di ricerca si inserisce questo nuovo libro di Dijkstra *A Discipline of Programming*. Esso discute infatti il problema della costruzione dei programmi con un approccio per molti versi radicalmente nuovo.
Già il titolo sottolinea l'ambizioso progetto: si tratta di andare alla definizione della programmazione come disciplina scientifica basata su questo assunto: un programma deve essere il risultato di un processo di sintesi dall'analisi delle proprietà che i valori che esso calcola devono soddisfare.
Per questo Dijkstra propone una nuova base assiomatica per la costruzione dell'asserzione: il *calcolo dei trasformatori di predicati*. In base ad esso un programma P che soddisfi una condizione di uscita φ è un trasformatore del predicato φ nella minima

tion and verification, while in the development of programs the top-down method has been reduced to breaking down of programs into simple actions.
These tendencies in the development of the debate about S. P. have complex motivations, amongst which those of a productive and conceptual nature are of particular importance. On the one hand programming techniques have thus been defined which have given origin to forms of organization and division (into tiny sectors) of programming work which are transforming the way of producing software. On the other hand, structured programming lacks a supporting theory of programming able to supply a rigorous basis to the interpretation of the program as a synthesis of the problem which it must solve: researches into the automatic synthesis of programs which reverse the traditional concept of computable function, giving emphasis to the problem of the discovery of an algorithm which computes the values which satisfy a given relation, with respect to that of the discovery of the relation satisfied by the values calculated by a given algorithm, are still at their very beginnings and are, for the moment, limited to small groups of specialists.
It is within this framework that Dijkstra's *A Discipline of Programming* has managed to re-open the question, disconcert those orientations which had begun to take root and propose new areas for reflection and research. In fact, this new book discusses the problem of program construction by means of an approach which is, in many respects, radically new.
The title indicates something of the ambitious project: programming is to be defined as a scientific discipline based on the following assumption: a program must be the result of a process of synthesis deriving from the analysis of the properties which must be satisfied by the values which it calculates.
Thus it is that Dijkstra proposes a new axiomatic basis for the construction of the assertion: the *predicate transformers calculus*. For this, a program P which satisifies

precondizione (*weakest precondition, up*) ψ che rende φ vero dopo l'esecuzione di P: cioè

$$\psi = WP\,(P, \varphi)$$

Questo calcolo, forse meno maneggievole per la prova di correttezza dei programmi che non quello proposto da Hoare da cui deriva, è però strutturato in modo tale che fornisce gli strumenti adatti per la costruzione simultanea (in uno sviluppo per livelli di raffinamento successivo) e del programma P e della sua precondizione ψ, a partire dalle informazioni contenute nella postcondizione φ.

Anche il linguaggio di programmazione che Dijkstra utilizza è radicalmente nuovo: di fronte ai linguaggi di programmazione tradizionali che vincolano il programmatore alla descrizione del flusso della computazione, egli propone un linguaggio che consenta al programmatore di non occuparsi delle sequenze di istruzioni, ma semplicemente delle condizioni che si possono verificare e delle azioni da eseguire associate al verificarsi di ciascuna condizione. Esso consta di due istruzioni (una iterativa ed una selettiva) che compongono insiemi di *guarded commands* (comandi condizionati) ciascuno dei quali è fatto in questo modo

$$P_i \to S_i$$

(e significa: l'istruzione S_i va eseguita se il predicato P_i è vero).

Con tale linguaggio lo sviluppo di un programma da un livello di raffinamento al successivo consta di due parti: la individuazione del tipo di istruzione (selettiva o iterativa) e la enumerazione dei casi possibili e delle istruzioni associate ad essi.

Questi sono però i passi da eseguire, il modo in cui questi passi vengono eseguiti, le scelte che li determinano derivano dall'analisi della postcondizione che deve essere soddisfatta dal frammento di programma in questione.

Questa priorità logica della semantica sul programma è sottolineata nel libro fin dall'inizio (Dijkstra prima introduce la semantica e quindi il linguaggio di programmazione) ed è un *leit motiv* del modo in cui vengono

an exit condition φ is a transformer of the predicate in the weakest precondition (wp) ψ which makes φ true after the execution of P. That is

$$\psi = WP\,(P, \varphi)$$

This calculus, though perhaps less wieldy for the proof of program correctness than Hoare's one, from which it derives, is, however, structured such that it supplies the appropriate instruments for the simultaneous construction (in a development by means of progressive levels of refinement) of both the program P and its precondition ψ, starting out from the information contained in the post condition φ.

Even the programming language used by Dijkstra is radically new: faced with traditional programming languages which tie the programmer to the description of the flux of the computation, he proposes a language which allows the programmer to neglect the instruction sequences and to deal quite simply with the conditions which can be verified and the actions to be carried out associated with each condition as it verified. It consists of two instructions (one iterative and the other selective) which compose sets of guarded commands, each one of which is made as follows

$$P_i \to S_i$$

(and means: the instruction S_i is carried out if the predicate P_i is true).

With this language, the development of a program from one level of refinement to the next is made up of two parts: the individuation of the instruction type (iterative or selective) and the enumeration of the possible cases and the instructions associated with them. These are the steps to be taken. The way in which they are taken, the choices which determine them, derive from the analysis of the postcondition which has to be satisfied by the fragment of the program in question.

The logical priority of the semantic aspect in the program is emphasised right from the outset of the book (Dijkstra introduces first the semantics and then the programming language) and is the leit-motiv of the

presentati e costruiti numerosi programmi di complessità crescente.
Questi esempi, discussi in modo ricco e profondo, sono tra l'altro di per sé uno stimolo all'intelligenza del lettore, anche già esperto programmatore.
Il libro non è un manuale, né una introduzione alla programmazione, è piuttosto un ripensamento della programmazione che cerca di andare in profondità alla sua vera e ultima natura, sfuggendo alle scelte facili ed immediate, e costituisce per questo una svolta nella letteratura sull'argomento.

way in which numerous programs of increasing complexity are presented and constructed.
These examples, discussed in depth and detail, are of themselves a stimulus for the reader's intelligence, be he expert programmer or no.
The book is neither a manual nor an introduction to programming, but rather an account of programming rethought, an attempt to penetrate its true nature, casting aside the more immediate, easy versions. As such it constitutes a radical step forward in the literature on the subject.

GIORGIO DE MICHELIS

PAICE, C. D.

Information Retrieval and the Computer

Series: Computer Monographs, Vol. 26
MacDonald and Jane's Publishers Ltd., London, 1977
x+206 pp., tables, £ 5.95

Nella fortunata serie MacDonald che dal 1967 propone agili monografie di Informatica, esce ora questo volume di C. D. Paice sull'*Information Retrieval*.
L'*information retrieval* (il reperimento delle informazioni) è diventata una branca autonoma dell'Informatica, in conseguenza dal fatto che le informazioni sono in tale quantità e crescono con tale velocità, in un qualunque settore di attività, da rendere complesso e costoso anche il semplice compito di organizzarle in modo che poi siano reperibili, e da richiedere di conseguenza l'ausilio del calcolatore.
Sono state proposte negli ultimi anni tecniche diverse per la classificazione, l'ordinamento e il ritrovamento delle informazioni di un archivio di grandi dimensioni.
Il libro di Paice presenta in modo chiaro e comprensibile un repertorio vasto ed aggiornato di queste tecniche.

In the successful MacDonald series, a source of easy Informatics monographs which began back in 1967, a volume entitled *Information Retrieval* by C. D. Paice has just appeared.
Information retrieval has become an autonomous branche of Informatics. The reason for this is that information on any given subject grows with such speed and in such quantities that its mere organization into accessible units has become so complex and costly as to require the aid of a computer.
In recent years, various techniques have been proposed for classifying, ordering and retrieving information in a large archive.
Paice's book presents both clearly and comprehensibly a vast and updated repertory of these techniques.
Having introduced the general notions of files, records and encoding information, he describes the classification and indexing techniques for documents.

Dopo aver introdotto le nozioni generali su *files*, *records* e codifica dell'informazioni egli descrive le tecniche di classificazione e indiciamento dei documenti.
Le prime servono per organizzare l'immagazzinamento delle informazioni all'interno di un archivio, gli indici di contro forniscono le chiavi per il reperimento dell'informazione in un archivio.
Nelle ultime 3 parti infine egli affronta il problema dell'automazione di queste operazioni.
Vengono quindi descritte tecniche di classificazione automatica (basate sull'uso di parole chiave, sull'analisi della frequenza delle parole nei documenti ecc.) tecniche di estrazione automatica di riassunti, metodi di gestione automatica di un archivio.
Ogni tecnica proposta è descritta in modo chiaro e non è necessario essere esperti programmatori per capire il libro.
In conclusione un pregevole repertorio di tecniche, utile a chi voglia avere una panoramica sull'argomento. Manca invece una impostazione più generale del problema che inserisca l'*information retrieval* di archivi di documenti, nel più generale caso dell'*information retrieval* di insiemi di informazioni, relazionate tra di loro.

Of these, the former are used for the organization of information storing within the archive, while the indexes supply the keys for tracking down information within an archive.
Finally, the last three parts deal with the problem of the automation of these operations.

Techniques of automatic classification are described (based on the use of key words, on the analysis of word frequencies in the documents etc.) along with techniques of automatic extraction of summaries, methods of automatic archive managing. Each of the techniques is described most clearly; the book should be accessible to the layman. At the end there is a useful repertory of techniques, invaluable for those seeking a general outline of the subject. The only element which seems to be lacking is a broader approach to the problem which emerges when information retrieval in document archives is placed within the wider context of information retrieval of sets of information related amongst each other.

GIORGIO DE MICHELIS

FLUCK, E. and GOLDANSKII, V. I. (eds.)

Modern Physics in Chemistry, Vol. 1

Academic Press, London, 1976
XIII + 406 pp., tables, £ 18.50

« Alla fine del 1973 avevamo ricevuto soltanto otto dei 17 lavori preventivati. In conseguenza, importanti settori di ricerche — dalla spettroscopia Mössbauer alla risonanza magnetica nucleare — non compaiono in questo libro.
Tuttavia, non potevamo indugiare più oltre, soprattutto tenendo presente che tali lavori invecchiano con estrema rapidità, in seguito al rapido sviluppo dei metodi e delle applicazioni di queste ricerche. Abbiamo quindi deciso di pubblicare la collezione completa dei 17 lavori in due volumi separati, ovviamente utilizzando per il primo volume soltanto quelli a noi già pervenuti ».
In questo brano, tratto dall'introduzione scritta da V. I. Goldanskii per il primo volume di *Modern Physics in Chemistry*, troviamo espressa per così dire dal vivo la tumultuosa dinamica situazione di questa parte della ricerca chimico-fisica più avanzata.
Volendo fornire un'esauriente panoramica della attuale situazione della spettroscopia fine elettronica e nucleare i coordinatori dei lavori E. Fluck dell'Università di Stuttgart della Germania dell'Est e V. I. Goldanskii dell'Accademia delle Scienze delle Repubbliche Sovietiche si son trovati di fronte ad una alternativa ineluttabile. O presentare i vari lavori in una sequenza logica che muove dai settori più generali a quelli più particolari e specialistici, rimandando nel tempo la pubblicazione del volume; o rinunciare ad ogni forma di collegamento logico, facendo separatamente il punto della situazione settore per settore.
Quest'ultima scelta porta evidentemente a limitare il campo dei possibili lettori ai soli 'addetti ai lavori'. È bene infatti precisare che ben difficilmente il normale laureato in materie scientifiche riuscirà a seguire i pro-

« By the end of 1973 we had obtained eight out of seventeen papers. As a results, such important subjects as neutron methods, ESCA, perturbed angular correlations and Mössbauer spectroscopy, NMR and spin echo are not represented in the book.
However, we could not delay further because, as a result of the rapid developments of methods and applications in this field, papers become quickly outdated. We decided to publish the collection of papers in two volumes, using for the first volume the papers we had to hand ».

This excerpt taken from V. I. Goldanskii's introduction to the first volume of *Modern Physics in Chemistry* vividly expresses the tumultuous dynamic situation in this area of advanced chemical-physical research.
In wishing to provide a complete panorama of the current situation in fine electron and nuclear spectroscopy, the editors E. Fluck, of the University of Stuttgart in East Germany, and V. I. Goldanskii, of the Academy of Sciences of the USSR, were faced with two unavoidable alternatives. They would either present the various papers in a logical sequence going from more general to more specialized areas and delay the publication of the book, or they could give up the idea of any logical arrangement and clarify the situation field by field. This second choice inevitably limits the range of possible readers to those 'involved in the work'. I should point out that a normal graduate in science would have difficulty in following the advances in the field of double Mössbauer resonance (though it is analyzed in a masterly fashion in this volume by W. Meisel) if he were not already familiar with the development of classical Mössbauer spectroscopy. Similar difficulties would arise in handling

gressi nel campo della risonanza doppia Mössbauer (pure magistralmente analizzato in questo volume da W. Meisel) senza conoscere preventivamente lo sviluppo della classica spettroscopia Mössbauer; analoghe difficoltà possono sorgere affrontando la problematica connessa alla risonanza di quadruplo nucleare (NQR) senza una preventiva analisi delle spettroscopie nucleare magnetica ed elettronico-paramagnetica (in simboli NMR ed EPR, di cui soltanto la seconda è compresa in questo volume). È quindi da pensare che il campo dei possibili lettori potrà ampliarsi dopo l'uscita del secondo volume: e vorrei precisare che queste osservazioni mi sembrano piuttosto importanti qualora si considerino le pubblicazioni di alto livello scientifico (quale è quella di cui sto parlando) anche in relazione all'opera di 'aggiornamento permanente' del 'normale' laureato in materie scientifiche.

Una scelta coraggiosa quindi (proprio perché per certi versi criticabile) quella operata da Fluck e Goldanskii, e scelta ineluttabile e giusta, viene poi da dire, quando si esaminano in dettaglio i vari lavori di questa raccolta. Ciascuno di essi rappresenta infatti un'analisi quanto mai completa di tutti gli aspetti connessi ai vari settori, che ad uso degli 'addetti ai lavori' elencherò qui di seguito. Effetti chimici della spettroscopia a raggi X (sia in relazione ai livelli degli elettroni di valenza che alla struttura elettronica dei legami cristallochimici); EPR; NQR; polarizzazione nucleare dinamica indotta per via chimica; risonanza doppia Mössbauer; il positronio nella chimica; chimica mesonica.

Per ogni settore vengono analizzati sia l'aspetto teorico che quello sperimentale che la connessione con altre metodologie; vengono inoltre evidenziati i possibili campi di applicazione. Prima di passare a considerazioni di carattere generale (che possono quindi interessare non solo i futuri lettori del testo ma anche chi si occupa comunque di cose scientifiche) val la pena di rilevare che quasi dovunque la ricca bibliografia viene presentata con dettagliati commenti che forniscono di colpo l'attuale situazione di avan-

problems connected with nuclear quadruple resonance (NQR) without prior analysis of nuclear magnetic resonance (NMR) and electron-paramagnetic resonance (EPR) (the book includes EPR but not NMR). Thus it is likely that the range of possible readers will expand after the second volume is published. I would like to emphasize that these observations seem quite important to me when one also considers high level scientific publications (such as this) in terms of bringing a 'normal' graduate in the sciences 'permanently up to date'.

Thus upon detailed examination of the various works in this collection, one finds that Fluck and Goldanskii have made a courageous decision (in view of areas subject to criticism) and a correct unavoidable choice. Each paper represents a complete analysis of all the aspects connected with the various fields which I will list for those 'involved in the work'. Included are: chemical effects of X-ray spectroscopy (both in relation to the valence electron levels and the electron structure of the crystalochemical bonds); EPR; NQR; dynamic nuclear polarization induced by chemical means; double Mössbauer resonance; the positron in chemistry and meson chemistry.

For each field, both the theoretical and the experimental aspect is analyzed along with its connection with other methodologies. In addition, the possible areas of application are indicated. Before looking at general considerations (that could be of interest not only for future readers but also for anyone concerned with things scientific) it is worth mentioning that almost everywhere the rich bibliography contains detailed comments that provide immediate information on the current state of the various fields. For example, regarding the positron, review articles are indicated, and it is pointed out that the 119 papers cited do not cover the entire existing bibliography. For chemically induced nuclear polarization, the bibliography begins with the first works on the subject dated 1967 and includes the most recent

zamento dei vari settori. Ad esempio, a proposito del positronio si indicano gli articoli riassuntivi, precisando che non si pretende di esaurire tutta la bibliografia esistente nei 119 lavori citati. Nel caso invece della polarizzazione nucleare indotta chimicamente si parte dai primi lavori sull'argomento, datati del 1967, fino ai più recenti usciti, precisando che in ogni caso, per i motivi detti all'inizio, le citazioni bibliografiche giungono fino a tutto il 1973.

Da un punto di vista più generale, questa raccolta lascia il lettore in una situazione per così dire paradossale.

Proprio nella misura in cui ogni argomento è trattato in modo approfondito da un lato e stimolante dall'altro, si è portati a stupirsi dell'alto grado di raffinatezza oggi raggiunto in campo spettroscopico. Le connessioni di teorie e esperimenti portano caso per caso all'estremo limite la possibilità di interpretare (almeno qualitativamente) il comportamento di ben determinate sostanze introdotte in particolari campi magnetici, irradiate con onde di determinate lunghezze d'onda e così via.

D'altro canto, proprio all'inizio abbiamo visto che una delle difficoltà maggiori affrontate dagli autori è risultata il coordinamento e collegamento dei vari argomenti tra loro — quasi che si trattasse di pubblicare un'enciclopedia capace di raccoglier le tematiche le più disparate, col conseguente problema di presentare in maniera unitaria e di giustificare la presenza contemporanea di cose tra loro differenziate. Per render l'idea: un po' come se, leggendo un libro di medicina che tratta della mano destra, ci accorgessimo che ogni dito viene descritto come un mondo a sé stante, con propria problematica, metodologia, teoria e — al limite — con una terminologia specifica che solo gli iniziati allo studio del pollice piuttosto che del mignolo possono usare con cognizione di causa.

Le cause immediate di una tal situazione sono ben note. La descrizione teorica dei fenomeni spettroscopici richiederebbe una buona conoscenza sia della densità elettronica (in particolare nelle vicinanze dei nu-

ones, noting that in any case, for the reasons given initially, the bibliographic citations cover up to 1973.

From the more general standpoint, this collection leaves the reader in a paradoxical situation.

The stimulating and in depth presentation leads a reader to be impressed at the high degree of refinement that has been achieved today in the field of spectroscopy. The connection between theory and experiment leads, step by step, to the possibility of interpreting to the extreme limit (at least qualitatively) the behaviour of well defined substances introduced in particular magnetic fields irradiated with waves of a given wavelength and so on.

On the other hand, at the beginning we saw that one of the main difficulties faced by the authors was the coordination and connection of the various subjects among themselves. It is almost as if it were a matter of publishing an encyclopedia that could contain the most disparate topics with the subsequent problem of a unified presentation and of justifying the simultaneous presence of things that are so different from each other. Let me clarify: it is as if, in reading a book on medicine of the right hand, one found that each finger was described as a world in itself, with its own problems, methodology, theory and — at its limit — with a specific terminology that only those initiated in the study of the thumb rather than the little finger, could use with understanding.

The immediate cause of such a situation is well known. The theoretical description of spectroscopic phenomena requires a good understanding both of electron density especially near the nuclei, as is confirmed in the various articles in the collection) in different cases, and of the interactions and the energy levels inside the nuclei themselves.

Electron density however, is difficult to determine theoretically, because of the math-

clei, come viene ribadito in diversi articoli di questa raccolta) sia, per diversi casi, delle interazioni e dei livelli energetici all'interno dei nuclei stessi.
La densità elettronica è invece di difficile determinazione teorica, causa le difficoltà matematiche di risoluzione dell'equazione di Schrödinger, al giorno d'oggi assolutamente insormontabili. Cui deve aggiungersi per quel che concerne i nuclei, la mancanza di una teoria definitiva sull'interazione tra i vari componenti.
Ne segue che ogni particolare situazione (ogni dito della mano destra) andrà affrontato sì alla luce di una teoria quantistica generale, che deve essere però « adattata » con opportune semplificazioni ed approssimazioni fino a renderle quasi una teoria specifica capace di illustrare il particolare caso in esame.
Seguendo i vari articoli di questo volume vediamo così sfilarci davanti tutta una gamma di possibili situazioni: V. Nefedov sottolinea il buon accordo tra i valori dei coefficienti degli orbitali molecolari valutati teoricamente da un lato e determinati sperimentalmente con raggi X dall'altro; accordo che si spinge fino a due cifre significative. E. I. Fedin riporta con soddisfazione il fatto che considerazioni puramente teoriche concordano col fatto che i fenomeni NQR sono associati a frequenze di un ordine di grandezza compreso tra 1 e 100 MHZ, e si dilunga in seguito ad analizzare le quasi insormontabili difficoltà matematiche associate a diversi modelli teorici. Abbiamo cioè dalla lettura di questo libro una visione immediata della contradditoria situazione in cui viene a trovarsi al giorno d'oggi in generale la meccanica quantistica, che si presenta come la più completa teoria atta a descrivere il comportamento delle particelle, ma che ben difficilmente, nel caso degli aggregati atomici e molecolari, è in grado di svolgere compiutamente quel ruolo unificatore che si era prefissa. Ed è così che accanto ai grandi successi ottenuti (Goldanskii e Shautarovich non mancano di ricordare, nel capitolo sul positronio, la predizione di Dirac sull'esistenza dell'elettrone positivo) troviamo tutta una messe di risultati sperimentali che la

ematical difficulties of the solution of the Schrödinger equation, which today are absolutely insurmountable. In addition, regarding the nuclei, we lack a definitive theory on the interaction between the various components.
It follows that each particular situation (each finger of the right hand) must be handled in the light of a general quantum theory that must then be « adapted » with appropriate simplifications and approximation until it almost becomes a specific theory capable of describing the specific case in question.

In considering the various articles in this volume, we see before us a whole range of possible situations. V. Nefedov emphasizes the agreement between the values of the coefficients of molecular orbits estimated theoretically, on one hand, and determined experimentally with X-rays on the other. This agreement goes to two significant figures. E. I. Fedin reports with satisfaction that purely theoretical considerations agree with the fact that NQR phenomena are associated with frequencies of an order of magnitude between 1 and 100 MHZ, and he then analyses the almost insurmountable mathematical difficulties associated with the different theoretical models. Thus from reading this book we have an immediate picture of the contradictory situation in present day quantum mechanics. Quantum mechanics appears to be the most complete theory suitable for describing the behaviour of particles, but in the case of atomic and molecular aggregates, it is hardly able to effectively carry out the unifying role that it had claimed. Thus, next to the great successes achieved (in the chapter on the positron, Goldanskii and Shautarovich do not fail to remind us of Dirac's prediction of the existence of the positive electron) we find a whole crop of experimental results that can only be interpreted qualitatively or only semi-quantitatively by theory. The importance of this argument is evident in relation to the problem of the possible falseness of the theory itself. This is not just

teoria è in grado di interpretare qualitativamente o solo semiquantitativamente. Ed è evidente l'importanza di questo discorso in relazione al problema della falsificabilità della teoria stessa. Problema questo non soltanto puramente speculativo, se si tiene presente la lezione che ci ha dato il passato. Gli antichi astronomi andavano fieri quanto Dirac sull'esattezza di molte loro previsioni — e non dimentichiamo che le teorie geocentriche si dibattevano in tutta una serie di difficoltà matematiche perfettamente paragonabili a quelle che gravano sull'odierna quantistica.

a purely speculative problem if one remembers lessons from the past. The ancient stronomers were as proud as Dirac was later of the precision of many of their predictions. And let us not forget that the geocentric theories were debated with a whole series of mathematical problems that could be compared with those of modern quantum mechanics.

GIAN FRANCO MAJORINO

MATKOVICH, V. I. (ed.)

Boron and Refractory Borides

Springer-Verlag, Berlin, 1977
VIII + 656 pp., figs. and tables, DM 180,—

Durante gli ultimi due decenni si sono sviluppati un certo numero di settori in cui l'uso di boruri refrattari sta crescendo e vengono attivamente esplorate possibilità di miglioramento. Perciò, un certo numero di boruri possiedono considerevoli possibilità di impiego come materiali di rinforzo per plastiche o metalli leggeri, benché a tutt'oggi solo le fibre di boro si siano saldamente affermate. Altre importanti applicazioni furono scoperte nel campo degli assorbitori di neutroni nei reattori nucleari e come componenti nella fabbricazione di armature protettive leggere. Ulteriori ricerche svilupperanno sicuramente nuove interessanti possibilità. Il libro che presentiamo fu scritto da un gruppo di più di cinquanta specialisti con lo scopo di fornire una rassegna informativa aggiornata sul boro e i boruri refrattari con sufficiente dettaglio.
La rassegna è divisa in parti principali quali considerazioni teoriche, preparazione e proprietà e applicazioni speciali. Di conseguenza, alcuni capitoli si occupano di elementi di uno

Within the last decade or two, a number of areas have been developed in which the use of refractory borides is growing and improvements are being actively explored. Thus, a number of borides have considerable potential as reinforcing material for plastics or light metals, though only boron fibers have been firmly established up to the present. Other important applications were found as neutron absorbers in nuclear reactors and as components in manufacturing lightweight protective armor. Further investigations are surely going to develop new interesting possibilities.
The book we are presenting was assembled by a group of more than fifty specialists with the aim to give an up-to-date review of boron and refractory borides in sufficient detail.
The review is divided into major parts, i.e. theoretical considerations, preparation and properties, and special applications. Thus, some chapters are concerned with elements of one or two specific groups of the periodic

o due gruppi specifici della tavola periodica o di un gruppo più ampio, quale quello dei metalli di transizione. Altri gruppi sono invece scelti sulla base della somiglianza dei composti quali i diboruri e gli esaboruri che coinvolgono altri elementi indipendentemente dalla loro posizione nel sistema periodico. In questo modo viene sottolineata l'attitudine dei boruri a formare derivati strutturali. Inevitabilmente, tuttavia, alcuni argomenti sono solo brevemente accennati mentre altri sono trattati in considerevole dettaglio. Ogni capitolo è completato da una ricca bibliografia. La difficoltà del controllo di contaminazione ha tradizionalmente costituito il maggiore ostacolo nella comprensione della chimica del boro, in particolare per i boruri superiori. Questo problema è ulteriormente complicato dai problemi nella analisi del boro, molti dei quali, concernenti la composizione e la stechiometria di boruri altrimenti comuni, sembrano ricorrere sempre. In queste condizioni, non sorprende che le considerazioni teoriche riguardanti la struttura elettronica, la natura del legame, la coordinazione atomica e la natura generale della formazione del composto incappino costantemente in contraddizioni.

Il libro può essere un utile strumento per ricercatori che operano nel settore della chimica del boro e, più in generale, per chiunque necessiti di un volume di consultazione aggiornato sulle varie possibili applicazioni del boro e dei boruri refrattari.

table or a larger group, such as transition metals. Other groups are, however, selected on the basis of similarity of compounds such as diborides or hexaborides which involve elements regardless of their position in the periodic table. In this way some emphasis is given to the nature of borides to form structural derivatives. Inevitably, however, some subjects are covered only slightly while others are covered in considerable detail. Every chapter is completed by a rich bibliography.

Difficulty in contamination control has traditionally been the biggest single obstacle in the understanding of boron chemistry, particularly of the higher borides. This problem is further complicated by the problems in boron analysis, many of which, concerning composition and stoichiometry of otherwise common borides always seem to recur. Under such circumstances, it is not surprising that theoretical considerations regarding electronic structure, nature of bonding, atomic coordination, and general nature of compound formation constantly run into inconsistencies.

The book can be a useful tool for scientists working in its title topics, and, more generally, for people asking for an up-to-date reference book on various possible applications of boron and refractory borides.

VINCENZO LORENZELLI

VINNIKOV, YA. A.

Sensory Reception

Cytology, Molecular Mechanisms and Evolution
Series: Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics, Vol. 17
Springer-Verlag, Berlin, 1974
x+392 pp., figs. and tables, DM 118,—

Il problema degli organi recettori degli stimoli di cui sono dotati tutti gli organismi viventi è antico. Nei tempi recenti si è rivolto specificamente allo studio della struttura e dell'evoluzione di questi organi, sia a livello cellulare, sia a livello molecolare. Questa monografia consiste in una rivista sintetica delle principali acquisizioni in questo vasto campo della morfo-fisiologia. Comincia con la struttura e lo sviluppo delle membrane biologiche: infatti attraverso le membrane avvengono tutti gli scambi col mondo esterno e fra i vari settori dell'ambiente interno degli organismi. Segue un capitolo sulla organizzazione ultrastrutturale e molecolare delle antenne dove per 'antenne' si intendono gli organi capaci di captare gli stimoli: microvilli, stereocilia, flagelli e cilia mobili. Viene poi esaminata l'organizzazione strutturale e citochimica delle sinapsi. Con questo nome (Sherrington, 1897) si designano parti delle membrane plasmatiche delle cellule e delle fibre nervose specializzate per effettuare i contatti delle cellule fra di loro, con le cellule recettrici, o con gli organi effettori. Come è noto lo studio morfologico e citochimico delle sinapsi ha avuto grande sviluppo negli anni recenti. Seguono poi altrettanti capitoli destinati ai sensi specifici, visione, gusto, olfatto, udito, percezioni della gravità. Chiude questo lavoro una sintesi sulla teoria molecolare della ricezione sensoriale. L'elenco bibliografico occupa 46 pagine. L'autore, che lavora a Leningrado, avverte, con una nota aggiunta in bozze, che la monografia è stata scritta nel 1970, e perciò il suo contenuto è alquanto sorpassato al momento in cui viene pubblicata la traduzione. Perciò manca la discussione di

The question of the sensory reception organs with which all living organisms are endowed is an ancient one. In recent times attention has been paid specifically to the study of the structure and evolution of these organs, both at the cellular and molecular level.
This monograph consists of a synthetic survey of the principal discoveries in this vast field of morpho-physiology. It opens with the structure and development of the biological membranes: for it is through the membrane that most of the exchanges with the outside world and among the various parts of the internal environment of the organisms take place. There follows a chapter on the ultrastructural and molecular organization of antennae, where by 'antennae' is meant the organs capable of perceiving stimuli: microvilli, stereocilia, flagella and mobile cilia. Then the structural and cytochemical structure of the synapses is examined. This name (Sherrington 1897) refers to parts of the plasmatic membranes of the cells and of the nerve fibres whose specialized function is to effect contact between the cells, with the receptor cells or with the effector organs. As is well known, the morphological and cytochemical study of the synapses has undergone great development recently. There follow separate chapters devoted to the specific senses, sight, taste, smell, hearing, perception of gravity. This work ends with a synthesis of the molecular theory of sensory reception. The bibliography takes up 46 pages. The author, who works in Leningrad, warns in a note added in proof that the monograph was written in 1970 and that its contents therefore are somewhat outdated at the time of

alcuni argomenti importanti, come l'assenza di attività della ATP-asi nel segmento esterno della retina, la localizzazione dei generatori di potenziale elettrico nei coni e nei bastoncelli, il meccanismo di filtrazione delle percezioni saline negli artropodi, eccetera. Nonostante queste limitazioni, questa rassegna sintetica riesce assai utile a chi si interessa di fisiologia comparata.

publication of the translation. For this reason discussion of several important questions is missing, such as the absence of activity of ATP-asis in the external segments of the retina, the localization of the generators of electric potential in the cones and rods, the mechanism of filtering of saline perceptions in arthropodes, etc. Despite these limitations, this synthetic survey proves fairly useful to those who are interested in comparative physiology.

GIUSEPPE MONTALENTI

MATHEWS, M. B.

Connective Tissue

Macromolecular Structure and Evolution
Series: Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII + 318 pp., figs., DM 78,—

Questa monografia concerne specialmente i principali componenti macromolecolari che costituiscono la sostanza intercellulare dei tessuti connettivi, sia la parte organizzata in fibrille sia la cosiddetta sostanza fondamentale. L'intento primario dell'autore è di dare risposta alle domande: qual è la natura dell'organizzazione di questi tessuti a vari livelli dimensionali, a quali funzioni serve tale organizzazione, come si è evoluta. Ha quindi considerato la struttura e le proprietà dei componenti macromolecolari della sostanza extracellulare in un gran numero di vertebrati e di invertebrati, e nell'attenzione data a questi ultimi è uno dei pregi di questo lavoro.

In generale lo studio dei connettivi è limitato ai vertebrati, e non vi sono molti lavori sintetici che tengano conto di tutto il vasto panorama dei connettivi nei diversi tipi animali.

Dopo alcune considerazioni generali e introduttive, l'autore esamina separatamente la composizione chimica e la struttura fisica, a livello molecolare e sopramolecolare del collagene, dell'elastina, delle glicoproteine strutturali, dei proteoglicani polianionici (che fino a pochi anni or sono erano indicati col nome di proteine a mucopolisaccaridi), delle sostanze presenti nella cartilagine, nel tessuto osseo e nella notocorda, di quelle presenti in altri tessuti, e del loro comportamento nello sviluppo e nella senescenza della cartilagine dei vertebrati. Il lavoro si conclude con una serie di considerazioni sulle interrelazioni molecolari in rapporto alle funzioni. L'elenco bibliografico è estesissimo: occupa 54 pagine.

This monograph is especially concerned with the main macromolecular components that constitute the intercellular substance of the connective tissues, both the part organised into fibrillae and the so-called fundamental substance. The author's primary intention is to give an answer to the questions: what is the nature of the organisation of these tissues at various dimensional levels, what are the functions of this organisation, and how has it evolved. He has therefore considered the structure and properties of the macromolecular components of the extracellular substance in a large number of vertebrates and invertebrates, and the attention that he pays to the latter is one of the chief qualities of the volume. In general the study of the connective tissues is confined to the vertebrates, and there are not many synthetical works that take account of the whole vast range of connective tissues in the different animal types.

After certain general and introductory observations, the author discusses separately the chemical composition and the physical structure, at molecular and supramolecular level, of collagen, elastin, the structural glycoproteins, the polyanionic proteoglycanes (which until a few years ago were known as mucopolysaccharide proteins), of these substances present in the cartilage, in the bone tissue and in the notochord, of those present in other tissues, and of their behaviour in the development and senescence of the cartilage of the vertebrates. The volume concludes with a series of observations on the molecular inter-relations with respect to the functions, followed by a very extensive bibliography occupying 54 pages.

Even if the volume does not succeed in

Anche se non viene a dare risposta a tutte le ambiziose domande che l'autore si è posto, questo lavoro è assai pregevole e utile, sia agli istologi, sia ai biochimici, per l'ampia visuale e la modernità della impostazione.

answering all the ambitious questions that the author has posed, the work is very useful and valuable, both for histologists and for biochemists, on account of its wide outlook and the modern way in which the subject is presented.

GIUSEPPE MONTALENTI

**** Mécanismes d'altération et de réparation du DNA, relations avec la mutagénèse et la cancerogénèse chimique*

Menton, 4-9 Juillet 1976
Series: Colloques internationaux du C.N.R.S., N. 256
Editions du C.N.R.S., Paris, 1977
475 pp., figs. and tables, Fr. 190

Le ricerche di biologia molecolare nel campo della mutagenesi e della cancerogenesi chimica hanno messo in evidenza, negli ultimi anni, alcuni processi fondamentali cellulari molto importanti, quali lo sviluppo delle reazioni che trasformano una lesione indotta sulla molecola del DNA in una alterazione stabile del complesso informazionale genetico di una entità cellulare. A questi fenomeni si ricollega direttamente il processo della mutazione e, quasi sicuramente anche il processo di iniziazione della trasformazione neoplastica di una cellula, prima tappa verso la formazione della cellula cancerogena. Comune ad entrambi i fenomeni — mutazione ed iniziazione — è il ruolo esercitato dai processi di riparazione delle lesioni primarie indotte nella molecola del DNA da un composto chimico biologicamente reattivo. In breve, si può ritenere che un composto chimico contenente gruppi elettrofilici nella sua molecola (direttamente, oppure successivamente a trasformazioni metaboliche cui il composto viene sottoposto ad opera di enzimi dei complessi di detossificazione dei tessuti mammiferi) reagisce con i gruppi nucleofilici presenti nella molecola del DNA (o di altre molecole

Studies in molecular biology in the field of mutagenesis and chemical cancerogenesis have revealed, in recent years, certain very important fundamental cellular processes, such as the development of the reactions that transform a lesion induced in a DNA molecule into a permanent alteration in the genetic information complex of a cellular body. These phenomena are directly linked with the process of mutation and, almost certainly, also with the process of initiation of the neoplastic transformation of a cell: the first stage towards the formation of the cancerogenous cell. Common to both phenomena — mutation and initiation — is the role played by processes of repair of the primary lesions induced in the DNA molecule by a biologically reactive chemical compound. In short, it may be considered that a chemical compound containing electrophilic groups in its molecule (either directly or else subsequent to metabolic transformations to which the compound is subjected through enzymes of the detoxication complexes of mammal tissues) reacts with the nucleophilic groups present in the DNA molecule (or with those of other important biological molecules at

biologiche importanti a livello cellulare), producendo delle alterazioni di natura chimico-fisica: queste rappresentano delle lesioni primarie del DNA sulle quali agiscono diversi meccanismi di riparazione, a diversa efficienza — *error-free* o *error-prone* — da cui deriverà la realizzazione di una alterazione definitiva o una riparazione perfetta della lesione primaria. Nel primo caso si sarà realizzata una cellula con una funzione alterata.

Nel colloquio di Menton sono state presentate 22 memorie scientifiche da parte di ricercatori specializzati nelle ricerche sia di mutagenesi che di cancerogenesi chimica, nelle quali sono stati illustrati i risultati raggiunti nelle diverse linee di ricerca, in relazione al tema del colloquio. Sono stati quindi analizzati i tipi di reazione tra DNA e cancerogeno, le trasformazioni metaboliche cui il cancerogeno è soggetto all'interno dei tessuti animali, presentando alcuni esempi specifici quali i nitrocomposti od i composti aromatici, le alterazioni chimico-fisiche del DNA e le modificazioni della cromatina, i meccanismi di riparazione nei diversi tipi di cellule, incluse quelle di mammifero ed il ruolo esercitato dalla riparazione nella evoluzione della lesione primaria, il significato dell'uso di sistemi di mutazione nello studio di processi di cancerogenesi chimica, quali i microorganismi, i lieviti, le cellule di mammifero coltivate *in vitro*.

A conclusione del colloquio è stata unanimamente approvata una dichiarazione con la quale si raccomanda in tutti quei paesi nei quali non è stata ancora realizzata, la istituzione di una commissione nazionale a carattere consultivo che si pronunci sulla natura, qualità ed efficacia delle metodiche di valutazione in laboratorio degli effetti genetici e cancerogeni dei composti chimici a cui venga sottoposta la popolazione. Si raccomanda inoltre un collegamento sia tra le diverse commissioni nazionali sia con enti di ricerca internazionali, impegnati alla definizione dei rischi cancerogeni e mutageni derivanti dall'esposizione umana ai composti chimici.

cellular level), producing alterations of a chemico-physical nature: these represent primary lesions of the DNA, on which act various repair mechanisms, of differing efficiency — error-free or error-prone — which will result in a definite alteration or a perfect repair of the primary lesion. In the former case, a cell with an altered function will be produced.

At the Menton meeting, 22 scientific papers were presented by research scientists specialised in studies in both mutagenesis and chemical cancerogenesis, who described the results achieved in their various lines of research in relation to the theme of the meeting. They analysed and discussed the types of reaction between DNA and cancerogen, the metabolic transformations to which the cancerogen is subjected in animal tissues (with some specific examples such as nitro-compounds or aromatic compounds), the chemico-physical alterations of DNA and the modifications of chromatin, repair mechanisms in the various types of cell (including mammal cells) and the role played by repair in the evolution of the primary lesion, and the significance of the use of mutation systems in the study of processes of chemical cancerogenesis, such as micro-organisms, yeasts and mammal cells cultivated *in vitro*.

At the conclusion of the meeting there was unanimous approval of a declaration in which it was urged that there should be set up — in all countries where it had not yet been done — a national commission of a consultative nature, which would pronounce on the nature, quality and efficacy of laboratory methods of assessing the genetic and cancerogenous effects of certain chemical compounds on the population. It was also recommended that there should be a link both between the various national commissions and with international research organisations engaged in defining the mutagenic and cancerogenic risks resulting from exposure to chemical compounds.

NICOLA LOPRIENO

FROMM, H.G.

Initial Rate Enzyme Kinetics

Series: Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics, Vol. 22
Springer-Verlag, Berlin, 1975
x+322 pp., figs. and tables, DM 78,—

Lo studio degli enzimi ha una storia che si divide piuttosto nettamente in due distinte epoche. La seconda epoca incomincia intorno al 1965 ed è caratterizzata dall'applicazione di una serie di tecniche fisiche, quali il metodo di diffrazione dei raggi X, quello della risonanza magnetica nucleare e elettronica, ecc. L'uso di tale metodologia fornisce una quantità quasi imbarazzante di informazioni dettagliate sulle strutture e le dinamiche di quelle complessive molecole che sono gli enzimi. Per gli studiosi degli anni '50 e precedenti tutto ciò era solo un sogno. La prima epoca, conclusasi nel '60, era iniziata, se vogliamo restringere il discorso a ricerche scientifiche fatte con una certa assiduità e con l'uso di una sicura teoria chimica, alla fine del secolo scorso. In tale periodo la enzimologia era caratterizzata da un approccio piuttosto indiretto, rispetto a quel che è oggi possibile, per mancanza di mezzi e concetti. Lo studio della cinetica allo stato stazionario è iniziato alla fine del secolo scorso, e gran parte delle sue basi dottrinali si sono sviluppate nel periodo pre-'65; si tratta praticamente del più vecchio metodo per lo studio degli enzimi, va però precisato subito che esso non ha perso perciò la sua importanza o vitalità. È interessante difatti constatare quante delle idee fondamentali dell'enzimologia abbiano avuto origine da studi cinetici, basti pensare ai concetti di specificità ed allosterismo, concetti altrettanto fondamentali, se non di più, in tutti i rami della biologia quanto la 'doppia elica' e il 'codice genetico'; essi descrivono le modulazioni di attività biologiche in risposta ai segnali chimici per mezzo degli effetti che questi ultimi producono su stati conformazionali di proteine ed enzimi (cfr. D. E. Koshland, *Le Scienze*, XII, p. 28, 1974).

The history of enzymology divides fairly neatly into two distinct periods. The second began around 1965 and is characterised by the application of a battery of physical techniques, such as X-ray diffraction, nuclear and electronic magnetic resonance, etc. These techniques give an almost embarassing quantity and detail of information on the structure and dynamics of the extremely complex molecules of enzymes.
For the enzymologists of the nineteenfifties and earlier all this could be only a dream. The first period of enzymology, which finished in the nineteensixties, began (if we are thinking of fairly intense and continuous scientific research based on sound chemical theory) around the end of the last century. In this first period of enzymology the approaches were rather indirect compared with what is possible now, for lack of appropriate concepts and experimental methods. The study of steady-state enzyme kinetics began around the end of last century, and many of its standard ideas were developed in the pre-65 period; it is practically the oldest method for the study of enzymes. Nevertheless it has not today lost its importance or vitality. It is interesting to note how many of the fundamental ideas of enzymology originated in steady-state kinetic studies, for instance the concepts of specificity and allostery, concepts at least as fundamental in most branches of biology as the double helix or the genetic code, since they provide the framework of explanation of how biological activities are modulated in response to chemical signals through the effects that the latter of these signals on conformational states of enzymes and other proteins (cf. D. E. Koshland, *Protein Shape and Bio-*

Ma allora cos'è questa cinetica enzimatica allo stato stazionario? Un enzima è una proteina che catalizza una reazione biochimica connessa alla vita di un organismo biologico. Se noi in una provetta aggiungiamo una piccola quantità di enzima ad una soluzione di un adatto reattivo (il substrato), allora, in un tempo brevissimo, di solito ben meno di un secondo, si avrà la formazione di un complesso tra molecole di substrato e di enzima. La velocità di decomposizione di tale complesso verso il prodotto e la liberazione del prodotto dal suo complesso con l'enzima, attraverso una serie di passaggi chimici (il meccanismo catalitico), diventerà uguale a quella di riformazione del complesso enzima-substrato. Questo stato, in cui rimangono costanti le concentrazioni dei vari complessi intermedi corrispondenti alle varie tappe del meccanismo catalitico, così come può rimanere costante il livello di acqua in una vasca riempita continuamente da un rubinetto e continuamente svuotantesi tramite lo scarico, si chiama stato stazionario, ossia '*steady-state*'. La cinetica di '*steady-state*' è semplicemente lo studio quantitativo della velocità della reazione catalizzata durante lo '*steady-state*' in funzione della concentrazione del/dei substrato/i nonché di altri fattori quale il pH, la temperatura, la concentrazione dei prodotti della reazione e di altre sostanze ('inibitori' o 'attivatori') i cui effetti hanno spesso un'importanza biologica.

Da questa descrizione appaiono sia i vantaggi che i limiti di questa 'cinetica'. Abbiamo detto che i complessi, cioè le varie strutture chimiche il cui susseguirsi costituisce il meccanismo catalitico, raggiungono concentrazioni costanti durante lo 'stato stazionario'. Non solo, le concentrazioni di alcuni di essi (i cosiddetti 'complessi centrali', cioè i complessi la cui interconversione non implica associazioni o dissociazioni di molecole di substrato o di prodotti o di regolatori) sono in un rapporto costante durante qualsiasi '*steady-state*', questo rapporto quindi non può essere controllato variando i fattori qui sopra indicati. Quindi questo tipo di studi cinetici è relativamente

logical Control, Scientific American, 229, 52-64, October 1973).

What is this steady-state enzyme kinetics? An enzyme is a protein which catalyses a specific biochemical reaction necessary to the life of an organism. If in a test-tube we add a *small* quantity of enzyme to a solution of the appropriate substance (the substrate) then within a short time, usually much less than a second, a complex will be formed between molecules of enzyme and substrate. The rate of decomposition of the complex towards enzyme-bound product and the liberation of free product from its complex with the enzyme through a series of chemical steps (the catalytic mechanism) will become equal to that of the re-formation of enzyme-substrate complex. This state, in which the concentrations of the various intermediate complexes corresponding to the steps of the catalytic mechanism remain constant, in the same way that the level of water in a bath being filled by a constant supply of water from a tap and discharged through an outlet becomes constant, is called the « steady state ». Steady state kinetics is simply the quantitative study of the rate of the catalysed reaction during the steady state, and of how it depends on the concentration of substrates and other factors such as pH, temperature, and the concentration of reaction products and other substances ('inhibitors' and 'activators') whose effects are often important biologically.

From this description one can see both the advantages and the limitations of steady-state enzyme kinetics. We have said that the complexes, i.e. the various chemical structures whose sequence constitutes the catalytic mechanism, reach a constant concentration during the steady state. Certain of these (the so-called 'central complexes', i.e. the complexes whose interconversion does not involve association or dissociation of molecules of substrate or product) have a constant ratio during any steady-state, so this ratio cannot be controlled by varying the concentration of these molecules. Thus this type of kinetics is relatively powerless to give information about these complexes,

impotente a dare informazioni su tali complessi, i quali sono del più grande interesse per chi vuole penetrare i segreti del meccanismo chimico delle catalisi e capire in termini fisici la straordinaria efficienza catalitica degli enzimi. Tale campo può essere studiato solo mediante la cinetica di situazioni non stazionarie, durante le quali variano le concentrazioni di questi intermedi. Per esempio, si può studiare quello che avviene durante i primi millisecondi dopo il mescolamento dell'enzima con substrato. Altri metodi, oggi importantissimi, sono quelli di 'rilassamento' (cfr. L. Faller, *Relaxation Methods in Chemistry*, in Scientific American, 220, 30-41, maggio 1969). Questo campo di studi richiede però attrezzature specializzate, non disponibili in molti laboratori, e quantità grandi di enzimi, tali da consentire l'osservazione diretta degli intermedi.

Quello che la cinetica allo stato stazionario può invece rivelare, riguarda la formazione di complessi 'non-centrali', cioè tutte le tappe bimolecolari del meccanismo; per esempio nel caso di reazioni, quelle più comuni, tra due substrati, è possibile stabilire se i due substrati si combinano con l'enzima secondo un particolare ordine, se la catalisi avviene tramite una sequenza di due reazioni parziali (i meccanismi 'ping-pong'), con formazione di un complesso intermediario covalente (per esempio enzima fosforilato nel caso di fosforiltrasferasi) o se invece i due substrati debbono trovarsi contemporaneamente sull'enzima affinché una reazione avvenga tra di loro, ed altre informazioni di questo genere. La cinetica allo stato stazionario dovrebbe trovare la sua più importante applicazione nel campo delle interazioni allosteriche negli enzimi, visto che queste coinvolgono essenzialmente la combinazione con l'enzima e, attraverso di questa, la reciproca interazione di varie molecole; purtroppo gli sforzi su questa problematica sono stati finora sporadici.

Da quanto è stato detto risulta che lo studio della cinetica allo stato stazionario richiede mezzi meno sofisticati che gli altri studi cinetici qui menzionati. Ciò basta per spiegare perchè la maggior parte degli studi cinetici sia stata fatta allo stato stazionario. Ma questo non deve far dimenticare che gli studi allo stato stazionario sono i meno importanti.

which are however of the greatest interest if one wants to penetrate the secrets of the chemical mechanism of catalysis and understand in physical terms the extraordinary catalytic efficiency of enzymes. This is a field which can only be studied using kinetics not during the steady state, when the concentrations of these intermediates vary. For example one can study what happens during the first few milliseconds after mixture of enzyme with substrate. Other important methods in use today are relaxation methods (Cf. L. Faller, *Relaxation Methods in Chemistry*, in Scientific American, 220, 30-41, May 1969). However this field requires specialised apparatus not available in many laboratories and large quantities of enzyme, in order to be able to observe the intermediates directly.

What the steady state kinetics on the other hand reveals, concerns the formation of 'non-central' complexes, i.e. all the bimolecular steps of mechanisms. For example, when the enzyme catalyses reaction between two substrates (and this is the most common type of reaction) it can be established whether the two substrates combine with the enzyme in a particular order, whether the catalysis consists in a sequence of two partial reactions (« ping-pong mechanisms » with the formation of a covalent intermediate complex, e.g. phosphorylated enzyme in the case of phosphoryltransferases) or whether instead the two substrates must be bound simultaneously on the enzyme for a reaction to take place between them, and other information of this type. The most important application of steady-state enzyme kinetics ought to be the study of allosteric interactions in enzymes, since these are essentially a matter of the combinations of various molecules with the enzyme, and their mutual interactions through the enzyme. However the attacks on the problems of allosteric kinetics have so far been only sporadic.

From the above it can be seen that the study of steady-state enzyme kinetics requires less sophisticated methods than the other types of kinetics mentioned. This explains why most kinetic studies have been carried out in the steady state. But this must not make us forget that steady-state studies are the least important.

gare come esso si sia potuto sviluppare già in tempi lontani. È sufficiente infatti poter misurare la reazione catalizzata in intervalli di tempo di minuti od ore (ciò può essere fatto in qualsiasi laboratorio per ricerche biochimiche). La teoria è anche più semplice di quanto si crederebbe se non ci si lascia troppo impressionare dalle forme apparentemente complicatissime di alcune equazioni che ivi si incontrano o dalla sua terminologia sconcertante (con i suoi 'meccanismi mono-iso-uni-uni bi-bi ping-pong', ecc.). L'analisi cinetica allo stato stazionario si fonda su una sola idea fisica di base, la legge di azione di massa (raramente si usa anche la legge di Ahrrenius), tutto il resto non è che la deduzione di predizioni relative a determinati meccanismi (che in gran parte non richiede conoscenze matematiche che superino il livello scolastico) e l'interpretazione di dati secondo tali predizioni. Vi sono poi problemi sperimentali (purificazioni, saggi quantitativi, ecc.) che sono problemi comuni a tutta la biochimica. Quindi, sia dal lato teorico come da quello pratico, il campo rimane aperto anche a chi disponga solo di mezzi limitati.

Dove si colloca il libro di Fromm nella letteratura su questo argomento? La biochimica, e l'enzimologia in particolare, sono mal forniti di libri validi, comprensivi ed aggiornati. Così, sulla cinetica enzimatica, sono oggi disponibili numerosi trattati, ma chi scrive un libro è in genere orientato piuttosto verso la teoria che verso la pratica e la maggioranza di questi libri è anche troppo dottrinaria: pieni di derivazioni, di equazioni, di spiegazioni sui vari metodi utilizzabili per l'analisi di ipotetici dati non presentati — mancano di applicazioni pratiche; sono come i disegni di Leonardo, belle idee ed invenzioni che potrebbero essere realizzate, ma che lasciano al lettore la domanda di Leonardo morente: « dimmi, c'era mai qualcosa di *fatto*? ». Questo libro risponde alla domanda. Contiene consigli pratici di come svolgere gli esperimenti e molti esempi, tratti dalla letteratura sperimentale, di risultati ottenuti con analisi cinetiche allo stato stazionario. E se pur avrei desi-

plains how the subject developed early. One only needs to be able to measure the catalysed reaction over time intervals of minutes or hours, which can be done in any equipped biochemical laboratory. The theory is also simpler than the impression given by the apparent complication of some of the equations that one encounters and the rather disconcerting terminology of the subject with its 'mono-iso-uni-uni- bi-bi ping-pong mechanisms' etc. ... There is after all only one basic physical idea in steady-state kinetics, that of the law of mass-action (occasionally one also uses the Ahrrenius law) — all the rest is nothing but the deduction of predictions from various postulated mechanisms (which hardly requires mathematical knowledge beyond school level) and the interpretation of data according to such predictions. Then there are experimental problems (purification, quantitative assay etc.) but these are problems common to all biochemistry. Thus on the theoretical as well as the experimental side the field is still open to those of modest means.

How does Fromm's book fit into the literature of this subject? Biochemistry, and enzymology in particular, is not well off for good comprehensive and up-to-date books. There are by now quite a number on enzyme kinetics, but a writer of a book is by definition someone with a theoretical orientation, and most of these books are too aridly theoretical, full of derivations, equations, and explanations of methods that could be used for the analysis of experimental data. But too often no such data is given, practical applications are lacking; the methods are like the sketches of Leonardo, lovely ideas and inventions which might be put into practice, but which, as presented, leave the reader to wonder, like Leonardo on his deathbed « Tell me, was ever anything *done*? » The present book, for a change, answers that question. It gives practical advice of how to plan and execute experiments, and many examples from the literature of results of steady-state kinetic work. I should have liked to see even more of this, but at least there is more here than in any

derato trovare nel libro ancora di più di questi riferimenti pratici, è vero che qui se ne trovano più che in qualsiasi altro libro di cinetica che io conosca. Vi sono dei libri sull'argomento i quali non riportano un singolo esempio sperimentale. Va ricordato, d'altro canto, che questa letteratura è ormai così vasta che nessuno può conoscerla tutta.

Il libro comprende tutti gli argomenti che un libro sulla cinetica allo stato stazionario deve trattare, e particolarmente quelli classici (inibizioni da analoghi di substrati, da substrati alternativi e da prodotti e loro applicazioni alla decifrazione di meccanismi di reazione, scambi ed effetti cinetici di isotopi; i rapporti di Haldane e 'ø', effetti della temperatura, del pH, di ioni metallici, ecc.). Gli argomenti più moderni, l'allosteria, gli enzimi isteretici, gli enzimi mnemonici, i meccanismi 'flip-flop', studi con analoghi dello stato di transizione, sono trattati un po' più superficialmente, come l'autore stesso riconosce. Di questo non gli si può far rimprovero perché sono argomenti sui quali è ancora difficile avere una definitiva visione d'insieme e bastava quindi introdurre il lettore a quanto si fa o si pensa oggi in proposito; ciò che Fromm effettivamente fa.

L'autore presenta il suo libro come libro 'introduttivo'. Personalmente credo che chi non abbia mai studiato prima la cinetica enzimatica darebbe prova di un bel coraggio provando ad imparare questa disciplina direttamente da questo libro. Ciò per due motivi: l'uno è che l'esposizione e lo stile letterario non sono sempre dei più chiari. Diffido per esempio chi non sappia già derivare le equazioni fondamentali dello stato stazionario ad imparare a farlo dalle spiegazioni di questo libro. Io, che sono di lingua madre inglese, ho avuto difficoltà a decifrare alcuni passaggi (anche se alla fine i miei sforzi sono sempre stati ricompensati); figuriamoci quindi i problemi per chi non ha una buona conoscenza di questa lingua (a meno che non sia vero che chi legge male può meglio intendere chi non scrive bene). L'altro motivo per cui sconsiglierei il libro ai principianti è che qui si ritrova, anche se

other book I know. There are even books which do not give a single experimental example! One must in any case remember that the literature on the subjects is by now so large that probably no-one could be acquainted with it all.

The book includes all the subjects that one would expect, particularly the classical ones (inhibition by substrate analogs, by alternative substrates and products, and their application in the unravelling of mechanisms, isotope exchange and kinetic isotope effects, Haldane relations 'ø' relations, and effects of temperature, pH and metal ions etc.). More modern subjects — allostery, hysteretic enzymes, mnemonic enzymes, 'flip-flop' mechanisms, transition-state analogs are treated rather more superficially as the author himself admits. One can hardly criticise this since these are questions on which it is yet difficult to have an overall vision, and it is sufficient to have introduced the reader to what is being done and thought today, as Fromm has done.

He offers his book as an 'introductory'. Personally I feel that anyone who had never studied anything of the subject previously would have considerable difficulty in learning it from this book alone. For two reasons: one is that the explanations and literary style are not of the most limpid. I defy anyone who does not already know how to derive the steady-state equations for a mechanism to learn how to do it from Fromm's explanations, and without knowing this one cannot get far. It was quite an effort for me to get the meaning of some passages (though worth the effort in the end) and I imagine that anyone without a very good command of English would have considerable difficulties (unless perhaps poor readers can best understand not-so-good writers). The other reason the book is not too appropriate for beginners is that one finds, though to a lesser extent than in many other books, kinetics treated rather as an end in itself. There is not enough about the connections with other aspects of enzymology, without which kinetics looses much of its interest. This is really a

in minore misura che in molti altri libri, la 'cinetica fine a se stessa'. Mancano quei collegamenti con gli altri aspetti dell'enzimologia senza i quali la cinetica perde molto del suo interesse. È veramente un peccato che il libro presenti questi difetti, perché, se fossero stati evitati, il libro sarebbe diventato perfetto, essendo contemporaneamente 'introduttivo' e 'comprensivo'. Così com'è, non lo posso raccomandare a chi non possieda già qualche conoscenza in materia, mentre lo posso fortemente raccomandare a chi conosca già un po' di enzimologia e voglia vedere ciò che potrebbe fare in campo cinetico, o capire che cosa fanno gli altri. Sarà perciò indispensabile per qualsiasi decente biblioteca di biochimica.

pity, for if these defects had been avoided, the book would have been ideal, at the same time introductory and comprehensive. As it is I cannot unreservedly reccommend it to someone who does not already know something about the subject, while I can however strongly recommend it to anyone who already knows some enzymology and wants to see what he could do in kinetics, or understand what others are doing. For this reason it will be indispensable to any decent biochemical library.

EDWARD P. WHITEHEAD

KILBEY, B. J., LEGATOR, M., NICHOLS, W. and RAMEL, C. (eds.)

Handbook of Mutagenicity Test Procedures

Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 1977
XIV + 485 pp., figs. and tables, $ 59.95

La mutagenesi sperimentale quale mezzo di indagine per la comprensione dei meccanismi relativi alla informazione genetica e alla sua trasmissione a livello cellulare e di organismo, è sorta in concomitanza degli studi effettuati da H. J. Muller nel 1927 sull'azione mutagena dei raggi X e si è sviluppata enormemente per gli interessi scientifici che suscitavano le sue ricerche poco dopo la seconda guerra mondiale, allorquando C. Auerbach scopriva l'azione mutagena delle sostanze chimiche. Le problematiche delle ricerche di mutagenesi si accrebbero in seguito alla definizione del modello della doppia elica del DNA e del possibile meccanismo di replicazione: conseguirono da questi studi le informazioni relative alla struttura interna fisica e funzionale dei vari tipi di unità ge-

Experimental mutagenesis can be a means of investigation for understanding the mechanisms of genetic information and the transmission of the information on a cellular and organismic level. The field developed following H. J. Muller's studies in 1927 on the mutagenic action of X-rays and expanded greatly because of the scientific interest that his research aroused shortly after the Second World War, when C. Auerbach discovered the mutagenic action of chemical substances. The problems of research in mutagenesis grew after the establishment of the model of the double helix of DNA and the possible replication mechanism. From these studies came information on the internal physical and functional structure of various types of genetic units, and on the cellular

niche, e sui meccanismi cellulari del processo di mutazione.
In quest'ultimo periodo la mutagenesi ha esplorato le diverse possibilità di indagine sperimentale in organismi ad organizzazione diversa, mettendo a punto sistemi genetici di studio dai virus, ai microorganismi, alle cellule di mammifero in vitro, alla *Drosophila*, al topo.
Di pari passo si è sviluppato accanto al concetto di rischio genetico da radiazioni, il rischio genetico potenziale per l'uomo dei numerosi composti chimici presenti nell'ambiente umano e dotati di attività mutagena nei riguardi di diversi sistemi biologici.
Le ricerche di biologia molecolare sviluppate a livello della cellula hanno messo in evidenza come alcune reazioni cellulari — quali la produzione di lesioni sul DNA, l'alterazione della struttura molecolare di geni e di cromosomi, l'alterazione o lo stimolo delle reazioni di riparazione del DNA — sono comuni sia al processo mutazionale che a quello cancerogeno allorquando siano considerati i meccanismi d'azione dei cancerogeni chimici.
Da ciò un ulteriore interesse verso la mutagenesi, quale mezzo di indagine predittiva delle sostanze cancerogene. Gli *editors* di quest'opera, tutti impegnati personalmente nel campo della mutagenesi applicata, hanno raccolto in 28 capitoli, ciascuno scritto da ricercatori altamente qualificati, le attuali metodologie disponibili nella mutagenesi che hanno avuto una base di ricerche sperimentali molto estesa, con tutte le possibili analisi degli effetti genetici rilevati in un particolare sistema biologico. Ciascuna delle metodologie di indagine descritta non solo è stata valutata mediante una serie di composti chimici, ma è servita come conoscenza di base per capire i processi ed i tassi di mutazione in una data specie, i cui risultati però servono anche allo sviluppo di considerazioni di ordine comparativo delle mutazioni che si verificano in diversi sistemi biologici.
I metodi ed i procedimenti analitici descrivono le attuali possibilità di definire le capacità mutagene dei diversi composti e di quantizzare il più validamente possibile i

mechanisms of the process of mutation. Recently, mutagenesis has explored the various possibilities for experimental investigation of organisms having different organization, and it has established genetic systems for study from viruses to microorganisms, in *in vitro* mammalian cells, to *Drosophila*, to mice.
At the same time the concept of genetic risk from radiation has developed, along with the concept of the potential risk for man from various chemical compounds present in the human environment showing mutagenic activity in various biological systems.
Research in molecular biology on the cellular level pointed out how some cellular reactions (such as the production of lesions on DNA, the alteration of the molecular structure of genes and chromosomes, the alteration or stimulation of repair activity of DNA) are common to both the mutation process and in the carcinogenic process when one considers the mechanisms of action of carcinogenic chemicals. From this, there arose a further interest in mutagenesis as a means of investigation for predicting what substances are carcinogenic. The editors of this work, all of whom are personally involved in the field of applied mutagenesis, have collected 28 chapters, each written by highly qualified researchers. It describes the current available methods in mutagenesis that have widely served as a basis for experimental research, along with all the possible analyses of genetic effects in a particular biological system. Each of the methods of investigation described has not only been evaluated by means of a series of chemical compounds, but has served as basic information for understanding the processes and rates of mutation in a given species. The results from the methods also serve to develop comparisons on the mutations that appear in various biological systems.
The analytical methods and procedures describe the current possibilities of evaluating the mutagenic capacity of different compounds and quantitatively establish as accurately as possible the genetic risks for man. It takes account of all the specific metabolic

rischi genetici per l'uomo, tenendo conto di tutti quei fattori metabolici specifici dell'organismo di un mammifero che possono influire sui processi di attivazione o di detossificazione cui sono soggetti tutti i composti estranei allorquando siano introdotti nell'organismo umano.

Le procedure metodologiche delle analisi di effetti mutageni di vario tipo riguardano sistemi: di mutazione genica (mutazione in avanti e reversione di due specie batteriche, *Salmonella typhimurium* ed *Escherichia coli*) *in vitro* oppure di liquidi organici (sangue, orine) *in vivo*; di ricombinazione mitotica nel lievito *Saccharomyces cerevisae, in vitro* e nello *host mediated assay*; di mutazione genica in cellule di mammifero (topo, hamster) o umane coltivate in vitro; di mutazioni cromosomiche in cellule di organismi superiori coltivate in vitro; mutazioni geniche e cromosomiche ereditabili dalle generazioni successive in piccoli mammiferi di laboratori o in due specie di insetti, *Drosophila* e *Habrobacon*; mutazioni cromosomiche in tessuti somatici di piante.

Al completamento dell'opera contribuiscono in modo speciale il capitolo di H. B. Newcombe sui metodi di rilevamento epidemiologico di dati di mutazioni nella popolazione umana. I rischi derivanti dalla manipolazione delle sostanze mutagene in laboratori di ricerche, trovano inoltre una giusta valutazione in due capitoli di L. Ehrenberg e C. A. Wachtmeister.

Questi due tipi di problemi — rischio genetico per la popolazione umana e rischi connessi all'uso sperimentale delle sostanze mutagene — esprimono chiaramente l'importanza che ha assunto per l'uomo la definizione analitica tramite procedimenti biologici differenziati del potere mutageno dei composti chimici.

factors in a mammal that might influence the process of activation or detoxification to which all foreign compounds are subject when they are introduced in the human body.

The methods and procedures for the analysis of mutagenic effects of various types involve the following systems: gene mutation (forward and reverse mutation of two bacterial species, *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli*) *in vitro* or in organic liquids (blood, urine) *in vivo*; mitotic recombination in yeast, *Saccharomyces cerevisae, in vitro* and in the host mediated assay; gene mutation in mammalian cells (mice, hamsters) or human cells cultivated *in vitro*; hereditary gene and chromosome mutation in cells of higher organisms from two successive generations in small laboratory mammals or in two species of insects, *Drosophila* and *Habrobacon*; chromosome mutations in somatic tissues of plants.

To complete this work there are special contributions from H. B. Newcombe on the methods of epidemiological survey of mutation data in human populations. The risks from the manipulation of mutagenic substances in research laboratories are well evaluated in two chapters by L. Ehrenberg and C. A. Wachtmeister.

These two types of problems — genetic risk for the human population and risks connected with experimental use of mutagenic substances — clearly express the importance for man of the analytical definition, through different biological procedures, of the mutagenic power of chemical compounds.

NICOLA LOPRIENO

TURNER, R. B. (ed.)

Analytical Biochemistry of Insects

Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1977
VII + 315 pp., tables, Dfl. 30,25

Fino a qualche decennio addietro la biochimica degli insetti era un campo quasi esclusivo per specialisti fisiologi-biochimici, i quali avevano piena competenza per adattare alle peculiarità dei tessuti degli insetti i metodi di analisi biochimica correntemente usati per analizare microrganismi e tessuti di vertebrati. Oggi la biochimica analitica degli insetti interessa anche molti studiosi di Entomologia applicata, i quali hanno bisogno, ad esempio, di individuare la presenza o la quantità di una certa sostanza biologicamente attiva, al fine di stabilire o di seguire una determinata fase dello sviluppo ontogenetico o dell'attività riproduttiva dell'insetto in istudio; oppure per applicare conoscenze genetiche-biochimiche alla sistematica degli insetti, ecc. Soprattutto per questa seconda categoria di ricercatori, non specificamente biochimici, l'opera di Turner (professore di Biochimica degli insetti all'Università del New Mexico) giunge molto opportuna. Si tratta di un manuale sintetico, semplice e chiaro, formato da otto capitoli su argomenti fondamentali, affrontati da specialisti di vari paesi, ciascuno dei quali riporta la propria esperienza pratica e le conoscenze acquisite attraverso la letteratura (ampiamente citata), sia sull'argomento in generale (molto brevemente), che sulle singole procedure analitiche: preparazione del campione, mezzi (strumenti e reagenti) e metodi di estrazione, separazione, caratterizzazione e dosaggio. Gli argomenti trattati sono i seguenti: Analisi dei nucleosidi, nucleotidi e composti associati (Cap. 1, svolto da N. Mitlin del Boll Weevil Research Laboratory del Mississippi); analisi biochimica del DNA degli insetti (Cap. 2, autori B. J. Mills, W. Mastropaolo e C. A. Lang del Dep. of Biochemistry and Biomedical Aging Res. Progr.

Until a few decades ago the biochemistry of insects was almost exclusively a field for specialists in physiology and biochemistry who had the expertise to adapt current methods of biochemical analysis, used to analyze microorganisms and vertebrate tissues, to the peculiarities of insect tissues. Today analytical biochemistry of insects is also of interest to many researchers in applied ontomology who, for example, need to detect or quantitatively determine the presence of a specific biologically active substance in order to establish or follow a given phase of the ontogenetic development or of the reproductive activity of the insect under study. The field is also useful for scientists applying genetic-biochemical knowledge to the systematics of insects. For this second category of researchers who are not specifically biochemists, this work by Turner (Professor of Biochemistry of Insects at the University of New Mexico) is very helpful. It is a simple and clear handbook that synthesizes the field. It is composed of eight chapters on fundamental topics presented by specialists from various countries. Each relates his own practical experience and the knowledge acquired from the literature (widely quoted), both on the topic in general (very briefly) and on particular analytical procedures, including preparation of the sample, means (instruments and reagents) and methods of extraction, separation, characterization and titer determination. The following topics are handled: analysis of nucleosides, nucleotides and associated compounds (Chapter 1, by N. Mitlin of the Boll Weevil Research Laboratory, Mississippi); biochemical analysis of the DNA of insects (Chapter 2, by B. J. Mills, W. Mastropaolo and C. A. Lang of the Department

University of Louisville - U.S.A.); preparazione ed analisi dell'RNA (Cap. 3, autori B. N. White del Dep. of Biology, Queen's University, dell'Ontario, e F. L. De Lucca del Departimento de Bioquimica, Facoltà di medicina dell'Università di Sao Paulo - Brazil); analisi degli aminoacidi, dei preptidi e relativi composti (Cap. 4, autore P. S. Chen dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Zurigo); analisi dei lipidi degli insetti (Cap. 5, autori L. L. Jackson e M. T. Armold del Dep. of Chemistry, Montana State University - U.S.A.); analisi chimica degli ormoni della muta degli insetti (Cap. 6, autori M. Koreeda e B. A. Teicher del Dep. of Chemistry, The Johns Hopkins University di Baltimora); analisi degli ormoni giovanili naturali: isolamento, identificazione e dosaggio a livelli fisiologici (Cap. 7, autore D. A. Schooley del Dep. of Biochemistry della Zoecon Corporation, California); biochimica analitica dei neurotrasmettitori e relativi enzimi negli insetti (Cap. 8, autore T. Smyth Jr., del Dep. of Entomology, Dep. of Biochemistry and Biophysics, The Pennsylvania State University).

Un indice per soggetto conclude il manuale.

of Biochemistry and Biomedical Aging Research Program, University of Louisville - U.S.A.); preparation and analysis of RNA (Chapter 3, by B. N. White of the Department of Biology, Queen's University, Ontario and F. L. De Lucca of the Departimento de Bioquimica, Faculty of Medicine, University of Sao Paulo - Brazil); analysis of amino-acids, of peptides and related compounds (Chapter 4, by P. S. Chen of the Institute of Zoology, University of Zürich); analysis of insect lipids (Chapter 5, by L. L. Jackson and M. T. Armold of the Department of Chemistry, Montana State University - U.S.A.); chemical analysis of insect moulting (Chapter 6, by M. Koreeda and B. A. Teicher of the Department of Chemistry, Johns Hopkins University, Baltimore); analysis of natural juvenile hormones: isolation, identification and titer determination on physiological levels (Chapter 7, by D. A. Schooley of the Department of Biochemistry of Zoecon Corporation, California); analytical biochemistry of insect neurotransmitters and related enzymes (Chapter 8, by T. Smyth, Jr., of the Department of Entomology, Department of Biochemistry and Biophysics, Pennsylvania State University). The book ends with a subject index.

MARIO SOLINAS

LAUFFER, M. A.

Entropy-Driven Processes in Biology

Polymerization of Tobacco Mosaic Virus Protein and Similar Reactions

Series: Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics, Vol. 20

Springer-Verlag, Berlin, 1975

x+264 pp., figs. and tables, DM 73,—

Uno dei fenomeni più affascinanti della biologia è la comparsa quasi improvvisa delle complesse strutture dell'apparato mitotico in una cellula eucariotica, quando ha inizio la fase visibile al microscopio del processo di divisione cellulare.

Con trattamenti chimici blandi, come il trattamento con alcali o con acido tricloroacetico in condizioni opportune, una particella virale può essere totalmente 'disfatta': decomposta nelle macromolecole singole che ne fanno parte, molecole proteiche globulari che costituiscono il capside, e la molecola di acido nucleico che ne contiene l'intero patrimonio genetico. Proteine ed acido nucleico portati così in soluzione, possono venir separati chimicamente. Se tuttavia le due soluzioni contenenti rispettivamente il componente proteico e l'acido nucleico vengono nuovamente mescolate e tenute in condizioni chimico-fisiche opportune, le particelle virali si riaggregano *spontaneamente* e le particelle riaggregate mostrano di possedere tutte le proprietà fisico-chimiche e biologiche delle particelle native.

Fenomeni simili, e talora anche molto più complicati, di aggregazione spontanea di macromolecole a formare particelle virali o complessi organelli cellulari, sono ormai ben conosciuti in gran numero. Assai meno note sono tuttavia la natura fisica di questi processi di aggregazione, le leggi che li regolano e che sembrano, a prima vista, sfidare le più consolidate e sicure tradizioni scientifiche.

Max Lauffer ha raccolto nel volume di cui ci stiamo occupando i risultati di una ventina d'anni di ricerche, la maggior parte

One of the most fascinating phenomena of biology is the almost instantaneous appearance of the complex structures of the mitotic apparatus in a eukaryotic cell, when the process of cell division first begins to become visible under the microscope.

With mild chemical treatments, such as that with alkali or with trichloroacetic acid in suitable conditions, a viral particle can be totally 'dismantled': decomposed into the single constituent macromolecules, globular protein molecules constituting the capsid, and the nucleic acid molecule that contains its whole genetic programme. Proteins and nucleic acid in solution can be separated chemically. But if two solutions, containing the protein and the nucleic acid component respectively, are mixed again and kept in suitable chemico-physical conditions, the viral particles reassemble *spontaneously*, and the reassembled particles possess all the physico-chemical and biological properties of the original particles.

A great number of similar and indeed occasionally far more complicated processes of spontaneous macromolecular aggregation forming viral particles or complex cellular organellae are now well known. Less known, however, are the physical nature of these processes of aggregation and the laws that govern them, which seem, at first sight, to defy the most firmly established scientific principles.

In this volume Max Lauffer has collected the results of about twenty years of study and research, most of it carried out in the laboratory which he directs, and has suc-

delle quali eseguite nel laboratorio da lui diretto, ed è riuscito a mettere insieme le linee generali di un quadro in cui la complessa dinamica delle strutture biologiche, risultante da aggregazione e disaggregazione di macromolecole, trova almeno un soddisfacente inizio di spiegazione.

Che cosa sono, e che rappresentano in biologia, questi 'processi regolati dalle variazioni di entropia'? Un organismo vivente è in pratica un sistema a pressione e temperatura costanti: ogni processo che in esso si svolge *spontaneamente* comporta quindi una diminuzione dell'energia libera di Gibbs, F, e si ha, com'è ben noto:

$$\Delta F = \Delta H - T\Delta S \qquad (1)$$

essendo H l'entalpia e S l'entropia del sistema, T la temperatura assoluta.

I processi spontanei con cui abbiamo più frequentemente a che fare sono processi esotermici ($\Delta H < 0$), in cui il termine entropico della (1) è di regola assai piccolo in valore assoluto in confronto al termine entalpico. In tal caso il verso del processo è regolato dalla variazione di entalpia. Ciò tuttavia non è sempre vero. Ci sono numerosissimi processi spontanei *endotermici*, che cioè si svolgono a temperatura costante assorbendo calore dall'ambiente circostante. Un esempio ben noto è il passaggio in soluzione acquosa del cloruro di sodio. In tal caso, nella (1) il termine entalpico è positivo e la variazione di energia libera, ΔF, può risultare negativa, come deve essendo il processo spontaneo, solo in quanto l'entropia del sistema aumenta notevolmente. Ciò è dovuto al fatto che gli ioni Na^+ e Cl^- prima ordinati nel reticolo cristallino, si disordinano, diffondendo in tutto il volume della soluzione. Il processo è quindi 'regolato dalla variazione di entropia'. Nulla, fin qui, di particolarmente interessante o difficile.

La complicazione deriva dal fatto che si incontra in biologia un buon numero di processi spontanei *endotermici*, nel corso dei quali il sistema passa, apparentemente, da uno stato di maggiore disordine ad uno stato ordinato, in quanto delle macromolecole in soluzione polimerizzano, formando parti-

ceeded in building up the general lines of a picture in which the complex dynamics of biological structures, resulting from the aggregation and disaggregation of macromolecules, receives at least a preliminarily satisfactory explanation.

What are these entropy driven processes and what do they represent in biology? In practice, a living organism is a system under constant pressure and temperature: any process that occurs in it *spontaneously* therefore involves a decrease in Gibbs's free energy, F, and we have, as iswell known:

$$\Delta F = \Delta H - T\Delta S \qquad (1)$$

where H and S are the enthalpy and entropy of the system, respectively, and T is the absolute temperature.

The spontaneous processes that we encounter most frequently are exothermic processes ($\Delta H < 0$), in which the entropy term of (1) is usually very small in absolute value compared with the enthalpy term. In this case the direction of the process is enthalpy driven. This is not always true, however. There is a considerable number of *endothermic* spontaneous processes: i.e. which occur at constant temperature by absorbing heat from the surroundings. A well-known example is the passage of sodium chloride into a water solution. In this case the enthalpy term in (1) is positive and the variation in free energy, ΔF, may be negative, as should be — since the process is spontaneous — only for the fact that the entropy of the system increases considerably. This is because the Na^+ and Cl^- ions first arranged in the crystalline reticulum become disordered and spread throughout the whole solution. The process is therefore 'entropy-driven'. So far, none of this is of particular interest or difficulty.

The complication derives from the fact that in biology we come across a good number of *endothermic* spontaneous processes, in the course of which the system apparently changes from a state of greater disorder to an ordered state, since some of the macromolecules in solution polymerize, forming

celle virali o organelli cellulari a struttura rigida, rigorosamente determinata. Come può allora risultare nella (1) ΔF negativo, se ΔH è positivo e ΔS è negativo? È propriamente questo il problema, il cui studio costituisce il filo conduttore del libro di Lauffer.

Diciamo subito che la soluzione, confermata dai risultati sperimentali, è veramente di grande interesse per chiunque cerchi di seguire lo sviluppo delle idee fondamentali della teoria biologica. Le macromolecole proteiche assumono com'è noto nel mezzo acquoso una conformazione tale da esporre di regola verso l'esterno i gruppi idrofili e da proteggere invece il più possibile verso l'interno della struttura globulare della molecola i gruppi idrofobi: è la configurazione alla quale corrisponde il minimo dell'energia libera, tenuto conto di tutte le interazioni dei vari gruppi tra loro e con il mezzo circostante.

La superficie di una molecola proteica può così presentare i più svariati tipi di gruppi chimici, gruppi polari che formano legami a idrogeno con l'acqua, gruppi ionizzabili capaci di formare ioni positivi o negativi in un mezzo di costante dielettrica così elevata come l'acqua, la maggior parte dei quali sono ionizzati ai valori di pH usuali per gli organismi viventi, ed anche gruppi organici a carattere non polare. Ciascuno di questi gruppi, quando la molecola proteica è isolata nel mezzo acquoso, interagisce con l'acqua e di regola induce le molecole d'acqua circostanti ad assumere una configurazione *più ordinata* di quella dell'acqua normale. Se un certo gruppo viene rimosso dal contatto con l'acqua, quella strutturazione del liquido scompare e l'acqua ritorna alla configurazione normale dell'acqua liquida.

Per ogni specifico gruppo superficiale della proteina, si hanno dunque dei valori specifici di ΔH e di ΔS per l'interazione con l'acqua, e la variazione totale di energia libera, quando la molecola viene immersa nell'acqua, deriva dalla somma di tutti questi contributi, tenuto conto naturalmente

viral particles and cell organelles of a rigid and rigorously determined structure. How, then, can ΔF, be negative in (1), if ΔH is positive and ΔS is negative? This is precisely the problem that Lauffer has pursued and studied in this volume.

Let us say at once that the solution of the problem, confirmed by the experimental results, is truly of great interest for anyone seeking to follow the development of the fundamental ideas of biological theory. As is well known, in a water medium, protein macromolecules assume a conformation which generally exposes the hydrophilous groups towards the outside but, as far as possible, protects the hydrophobous groups towards the inside of the globular structure of the molecule: this is the configuration that corresponds to the free energy minimum, taking account of all the interactions of the various groups with one another and with the surrounding medium.

The surface of a protein molecule may therefore present a very great variety of types of chemical groups, polar groups forming hydrogen bonds with water, ionizable groups capable of forming positive or negative ions in a medium of dielectric constant as high as that of water, most of which are ionized at pH values usual for living organisms, and also organic non-polar groups. Each of these groups, when the protein molecule is isolated in the water medium, interacts with the water and usually induces the surrounding water molecules to assume a *more ordered* configuration than that of normal water. If a certain group is removed from contact with the water, that structure induced in the liquid disappears and the water returns to the normal configuration of liquid water.

Therefore, for each specific surface group of the protein, there are specific values of ΔH and ΔS for the interaction with the water, and the total variation in free energy, when the molecule is immersed in the water, derives from the sum of all these contributions, naturally taking account of the pos-

delle interazioni possibili tra gruppo e gruppo.
Fissiamo ora l'attenzione su di un gruppo superficiale particolare. Il suo contributo dell'energia libera per l'interazione con l'acqua potrà essere positivo o negativo a seconda della temperatura. Che succede per esempio quando una proteina in soluzione polimerizza? Due molecole proteiche vengono a contatto in una regione della loro superficie libera, cioè dei gruppi superficiali prima esposti al mezzo acquoso, vengono a un certo punto sottratti a quel mezzo e posti a contatto con altri gruppi proteici, passando dal mezzo acquoso ad un mezzo essenzialmente di natura organica. Ciò comporta la perdita della strutturazione indotta nell'acqua da questi gruppi ed eventualmente un certo riassestamento locale di ciascuna proteina. Se a una certa temperatura l'energia libera totale di quei gruppi nel passaggio dall'acqua al mezzo organico diminuisce, la proteina polimerizza; se invece, ad altro valore della temperatura, l'energia libera totale diminuisce nel passaggio inverso, il sistema si accosterà all'equilibrio nel mentre che tutti i polimeri proteici si dissolvono nelle singole proteine componenti.
È chiaro che in questi fenomeni di polimerizzazione e di depolimerizzazione giocano un ruolo fondamentale le variazioni nella strutturazione dell'acqua: quando i gruppi che strutturano l'acqua passano dal mezzo acquoso al mezzo organico, si ha di regola un notevole aumento d'entropia, dovuto alla disorganizzazione delle molecole d'acqua che ne deriva. Ne segue che un aumento di temperatura, aumentando in valore assoluto il secondo termine (negativo) della (1), favorirà di regola la polimerizzazione delle proteine, mentre una diminuzione della temperatura favorirà la depolimerizzazione. Questa, in poche parole, la spiegazione dei fenomeni, solo apparentemente paradossali, che abbiamo ricordato all'inizio.
Nel volume di Lauffer, il primo capitolo a carattere introduttivo ha lo scopo di presentare in modo chiaro e rigoroso i principali aspetti termodinamici di questi processi

sible interactions between one group and another.
Let us now turn our attention towards a particular surface group. Its contribution to the free energy through the interaction with water can be positive or negative according to the temperature. What happens, for example, when a protein in solution polymerizes? Two protein molecules come into contact in some part of their free surface: that is to say, surface groups initially exposed to the water medium are, at a certain point, removed from that medium and placed in contact with other protein groups, passing from the water medium to a medium of an essentially organic nature. This involves the loss of the structure induced in the water by these groups and possibly a certain local rearrangement of each protein. If at a certain temperature the total free energy of those groups decreases in passing from water to the organic medium, the protein polymerizes; if, on the other hand, at another temperature value, the total free energy decreases in passing in the reverse direction, the system will approach equilibrium while all the protein polymers dissolve into their single component proteins.
It is clear that in these polymerization and depolymerization phenomena a fundamental role is played by the variations in the structure induced in the water: when the groups that structure the water pass from the water medium to the organic medium, there is usually a considerable increase in entropy, due to the disorganisation of the water molecules that derives from it. It follows that an increase in temperature, by increasing the absolute value of the second (negative) term of (1), will usually favour the polymerization of the proteins, whereas a decrease in temperature will favour the depolymerization. This, to put it briefly, is the explanation of the phenomena — only apparently paradoxical — that we mentioned at the beginning.
In Lauffer's volume, the first chapter, of an introductory nature, is intended to give a clear and rigorous account of the main

regolati dalle variazioni di entropia. Il secondo capitolo è destinato ad approfondire lo studio del ruolo giocato in essi dall'acqua e sono presentate le mirabili esperienze, che hanno permesso di mettere in evidenza e di misurare direttamente la quantità di acqua che passa dallo stato 'legato' allo stato 'libero' nella polimerizzazione delle proteine del virus del mosaico del tabacco, TMV, nonché la variazione di volume che ne consegue.

Seguono quattro capitoli dedicati allo studio approfondito e particolareggiato del processo di polimerizzazione e depolimerizzazione delle proteine dei virus del gruppo del TMV e di ricostituzione delle relative particelle virali.

Gli ultimi quattro capitoli sono destinati ad una rassegna dei più importanti fenomeni biologici dello stesso tipo, fino ad oggi individuati. Questi comprendono: la polimerizzazione spontanea delle molecole della emoglobina dell'anemia falciforme; la formazione delle fibre del collagene; il ruolo svolto dalle proteine miosina ed actina nella contrazione muscolare; la formazione dei flagelli, che assicurano la motilità dei batteri; nonché una ampia classe di fenomeni cellulari molto più complessi, per ora solo parzialmente compresi, ma che sembrano ormai aver chiaramente rivelato il loro carattere di processi regolati dalle variazioni di entropia. Tra questi ultimi, le complesse modifiche che il materiale cellulare subisce nel corso della divisione della cellula, in particolare (come abbiamo accennato all'inizio) la formazione dell'apparato mitotico.

Completa il volume una assai ampia bibliografia, che pur senza pretendere ad una praticamente impossibile completezza, è in grado di soddisfare le esigenze di ogni categoria di lettori.

Ci sembra difficile sopravvalutare l'importanza dei processi che formano l'oggetto delle ricerche esposte in questo volume e l'importanza del fatto che si sia riusciti a chiarirne in modo soddisfacente il fondamento termodinamico. Nella gerarchia di livelli di organizzazione riscontrabili nella cellula

thermodynamic aspects of these entropy driven processes.

The second chapter is devoted to a thorough study of the role played in them by the water, and the author presents admirable experiments that have enabled him to reveal and measure directly the quantity of water passing from the 'bound' state to the 'free' state in the polymerization of tobacco mosaic virus proteins, TMV, as well as the variation in volume that results from it.

The following four chapters are devoted to a thorough and detailed study of the process of polymerization and depolymerization of the proteins of the TMV group viruses and of reconstitution of the relative viral particles.

The last four chapters deal with the more important biological phenomena of the same type that have been identified so far. These comprise: the spontaneous polymerization of the haemoglobin molecules of sicklecell anaemia; the formation of collagen fibers; the role played by the myosin and actine proteins in muscular contraction; the formation of flagella, which ensure the motility of bacteria; and a large class of far more complex cell phenomena, at present only partly understood, but which anyway appear to be entropy driven processes. Among these processes are the complex modifications undergone by the cells during cell division, particularly (as we mentioned at the beginning) the formation of the mitotic apparatus.

The volume concludes with an ample bibliography, which, without claiming completeness — which would be practically impossible —, is able to meet the needs of any category of readers.

We feel it is hard to overestimate the importance of the processes that form the subject of the studies described in this volume and the importance of the fact that it has been possible to explain their thermodynamic basis satisfactorily. In the hierarchy of levels of organisation that may be encountered in the living cell, one level—namely, that having as its elements the ma-

vivente, uno, e precisamente quello i cui elementi sono le macromolecole e le cui unità organizzate sono gli organelli cellulari, ha ormai rivelato i suoi collegamenti coi principi generali della fisica.

Vogliamo anche mettere in rilievo come ne risulti profondamente cambiata la nostra concezione del ruolo svolto dall'acqua nei sistemi viventi. « L'acqua mostra di essere molto più che un semplice mezzo per le reazioni biochimiche necessarie per la vita; essa porta un contributo cruciale alle strutture e ai processi biologici. In un certo senso, il tema principale di questo libro è l'enfasi posta sul ruolo nuovo appena scoperto dell'acqua nei sistemi viventi ». Sono parole di Lauffer che non possiamo che sottoscrivere.

Concludendo, vorremmo consigliare la lettura di questo libro ai giovani biologi, che troppo spesso, inseguendo la descrizione fenomenologica formale (stavamo per dire morfologica) di processi, elementari a livello biologico, perdono di vista la necessità di chiarirne il legame coi principi fondamentali della scienza.

cromolecules and as its organised units the cell organelles — has now revealed its links with the general principles of physics.

Another important result of this work is our profoundly changed conception of the role played in living systems by water. « Water is seen to be more than a mere vehicle for the biochemical reactions necessary for life; it is a crucial contributor to biological structures and processes. In one sense the main theme of this book is the emphasis on the newly appreciated role of water in living systems ». We cannot but subscribe to these words of Lauffer's.

In conclusion, we should like to recommend this volume to young biologists, who too often — in pursuing the formal (we were about to say morphological) phenomenological description of processes, elementary at the biological level — lose sight of the need to explain its connection with the fundamental principles of science.

MARIO AGENO

CAMPBELL, G. S.

An Introduction to Environmental Biophysics

Series: Heidelberg Science Library
Springer-Verlag, New York, 1977
xv+159 pp., tables, DM 20,20

L'autore si propone, in questo trattato agile ed originale, di fornire sia una descrizione delle condizioni ambientali in cui è possibile lo sviluppo e il mantenimento della vita, sia una metodologia che permetta al lettore di trovare la chiave interpretativa per lo studio dell'interazione di ogni forma di vita con l'ambiente circostante. Il libro non vuole pertanto costituire un esauriente trattato di alcuni fenomeni naturali, quanto essere di stimolo e di aiuto per la soluzione di problemi nuovi. L'autore assolve a questa funzione didattica corredando il trattato di esempi numerici, problemi svolti e da svolgere, onde guidare il lettore verso una più solida comprensione dei problemi illustrati. Il libro è inoltre ricco di bibliografia aggiornata, per quei lettori che desiderino una descrizione più approfondita e specializzata dei problemi trattati. Viene inoltre dato ampio spazio ad una trattazione dei principi base che regolano gli scambi ed il trasporto di energia e di materia. I primi sei capitoli illustrano infatti quei concetti e quelle leggi fondamentali per una descrizione quantitativa dell'ambiente naturale: si suppone qui che il lettore abbia già una certa conoscenza delle leggi elementari della fisica. In questa parte viene presentata una discussione semplificata dei fenomeni naturali, dal vento alla pioggia, dalle condizioni meteorologiche alle fluttuazioni termiche del 'microambiente'. Questa parte del trattato è ricca di curiosità per il lettore, in essa si può trovare infatti la spiegazione di molte osservazioni quotidiane, dallo scintillio delle stelle all'ondeggiare delle fronde in una foresta battuta dal vento.
Gli ultimi quattro capitoli del libro trattano degli scambi fra organismo e ambiente e delle condizioni indispensabili per il mante-

In this handy and original volume the author has set out to give both a description of the environmental conditions in which life can develop and be maintained and a methodology that will enable the reader to find the key for interpreting and studying the interaction of every form of life with the surrounding environment. Hence the volume is not intended to be an exhaustive study on certain natural phenomena but rather a stimulus and an aid for the solution of new problems. The author has fulfilled this educational function by providing a number of numerical examples, together with problems, some already solved and others to be solved, to give the reader a firm understanding of the problems illustrated. There is also an up-to-date bibliography, for those readers wishing to have a fuller and more specialised description of the problems involved. There is also a full account of the basic principles governing the exchanges and transport of energy and matter. In fact, the first six chapters illustrate the fundamental laws and concepts for a quantitative description of the natural environment: it is supposed that the reader already has some knowledge of the elementary laws of physics. In this part the author gives a simplified account of natural phenomena: wind, rain, weather conditions and fluctuations in heat in the 'micro-environment'. This part of the volume abounds in curiosities for the reader, who will find the explanation of many everyday phenomena, from the twinkling of the stars to the waving of the branches in a windspept forest.
The last four chapters of the volume are devoted to the exchanges that take place between the organism and the environment and to the conditions indispensable for

nimento della vita. Particolare attenzione viene dedicata agli scambi energetici legati, nel mondo animale, al metabolismo, all'irraggiamento e all'evaporazione e, nel mondo vegetale, al processo di fotosintesi clorofilliana e di traspirazione delle foglie.
Il pregio principale di questo libro è di affrontare problematiche e temi, legati all'esperienza quotidiana, che non vengono generalmente trattati nell'insegnamento tradizionale della fisica o della biofisica. Esso può servire anche come preziosa fonte di informazione per quei docenti che cercano di rendere l'insegnamento delle scienze della natura non un arido ripetersi di formule o di classificazioni, ma la chiave interpretativa di quei fenomeni, che quotidianamente osserviamo in modo distratto, spesso senza ricercarne una spiegazione. Per questo motivo si può dire che lo scopo del libro, quello cioè di stimolare una ricerca di relazioni quantitative fra l'organismo e l'ambiente che lo circonda, sia stato ampiamente raggiunto.

maintaining life. Particular attention is given to energy exchanges associated, in the animal world, with metabolism, irradiation and evaporation and, in the vegetable world, with the process of chlorophyll photosynthesis and the transpiration of leaves.
The chief virtue of this volume is that it approaches problems and themes, connected with everyday experience, that are not generally discussed in the traditional teaching of physics and biophysics. It can also serve as a valuable source of information for those teachers that seek to present the teaching of the natural sciences not as a dry repetition of formulae or classifications but as the interpretative key of those phenomena that we observe absent-mindedly every day, often without seeking an explanation for them. For this reason it may be said that the purpose of the volume — to stimulate a study of the quantitative relationships between the organism and the surrounding environment — has been fully achieved.

ALESSANDRA GLIOZZI

NICOLAU, C. and PARAF, A. (eds.)

Structural and Kinetic Approach to Plasma Membrane Functions

Proceedings of a Meeting Held on September 6-9, 1976 in Grignon (France)
Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIV + 204 pp., figs. and tables, DM 58,—

Il libro, articolato in tredici capitoli, contiene gli atti di un convegno tenuto a Grignon, in Francia, nel settembre del '76. Esso costituisce una sintesi aggiornata dei progressi fatti nel campo della ricerca sulle membrane biologiche da un punto di vista strutturale; inoltre vi sono discusse alcune implicazioni funzionali associate ai cambiamenti di struttura.
L'architettura molecolare dei due principali componenti della membrana plasmatica, vale

This book, divided thirteen chapters, contains the proceedings of a meeting held at Grignon, in France, in September 1976. It provides an up-to-date synthesis of the progress made in research on biological membranes from the standpoint of structure. In addition, it includes discussions on some implications for functions associated with changes in structure.
The molecular architecture of lipids and proteins, the two main components of a

a dire i lipidi e le proteine, viene indagata attraverso le più recenti tecniche: dalla microscopia elettronica con la fratturazione congelata (*freeze fracture*) alla diffrazione a raggi X a piccoli angoli, da tecniche spettroscopiche con luce laser, a risonanza elettronica di spin (e. s. r.). Vengono così studiate le transizioni conformazionali indotte dalla luce sulla rodopsina (la molecola responsabile della visione), la formazione di strutture a domini in miscele lipidiche, gli effetti cooperativi delle transizioni conformazionali, la forma approssimativa di alcune proteine di membrana e le loro interazioni con i lipidi. Questi argomenti sono appunto oggetto di discussione dei primi otto articoli del libro. I successivi cinque articoli sono viceversa studi funzionali e riguardano l'attività enzimatica associata alla membrana e la relativa modulazione attraverso diversi leganti, l'accoppiamento fra l'idrolisi dell'ATP e il trasporto di ioni sodio e potassio. L'ultimo capitolo infine è la descrizione della ricostituzione '*in vitro*' di una funzione importante dell'attività muscolare, cioè l'accumulo di calcio nelle vescicole del reticolo sarcoplasmatico del muscolo scheletrico. Questo processo di ricostituzione viene fatto costruendo vescicole fosfolipidiche con lipidi sintetici e incorporandovi la proteina responsabile del trasporto del calcio, la cui attività funzionale, quella cioè di associare al trasporto di due ioni di calcio l'idrolisi di una molecola di ATP, si mantiene inalterata. Quest'ultimo interessantissimo capitolo mostra appunto quale dovrebbe essere lo scopo finale di queste ricerche, quello cioè di creare una convergenza fra studi strutturali e funzionali che permettano di caratterizzare alcune importanti funzioni fisiologiche e, per così dire, riprodurle '*in vitro*'.

In linea generale il libro è estremamente interessante per i ricercatori di questo campo; esso è ovviamente un libro specializzato e in quanto tale è diretto a un pubblico già preparato e con una buona conoscenza della struttura e delle funzioni delle membrane cellulari.

plasma membrane, has been investigated using the most up-to-date techniques, from electron microscopy with freeze fracture to low angle X-ray diffraction, from spectroscopic techniques with lasers to electron spin resonance (e. s. r.). Areas covered include transitions in conformation induced by light on rhodopsin (the molecule responsible for vision), the domain formation in lipid mixtures, the cooperative effects of conformational transitions and the approximate form of certain membrane proteins and their interactions with lipids. These are the topics of discussion in the first eight articles in the book. The next five papers are functional studies and deal with enzymatic activity associated with membranes and the relative modulation through different bonds, the coupling between hydrolysis of ATP and the transport of sodium and potassium. The last chapter is a description of the '*in vitro*' reconstruction of an important function of muscular activity, that is, the accumulation of calcium in the vesicles of the sarcoplasmic reticulum of skeletal muscle. This process of reconstitution is done by building phospholipid vesicles with synthetic lipids and incorporating in them the protein responsible for the transport of calcium. The protein's functional activity of associating the hydrolysis of a molecule of ATP with the transport of two ions of calcium, is maintained unaltered. This last and very interesting chapter shows what the ultimate goals of such research should be. It should bring about convergence between studies of structure and function and these studies should lead to the characterization of certain important physiological functions in order to reproduce them '*in vitro*'.

In general, the book is extremely interesting for researchers in this field. It is obviously a specialised book and, as such, is directed to an already trained audience with a sound understanding of the function of cell membranes.

ALESSANDRA GLIOZZI

*** *Mathematical Models in Medicine*

Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 11
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII + 281 pp., tables, DM 28,—

Il volume, curato da J. Berger, W. Bühler, R. Repges e P. Tautu, riporta le memorie presentate ad un *workshop* di ugual titolo, tenuto a Magonza nel marzo del 1976. La riunione è stata organizzata dal gruppo di modelli matematici della *Deutsche Gesellschaft für Medizinische Documentation, Informatik und Statistik* ed aveva il fine di confrontare i punti di vista di esperti della Germania Federale e di alcuni paesi vicini (Inghilterra, Italia, Svizzera) sulle possibilità e i limiti dei modelli matematici in medicina; allo scopo gli organizzatori hanno preferito concentrare l'attenzione su pochi settori per consentire lo svolgimento di un discorso approfondito relativo a campi ben delimitati. Dei settori prescelti due, quello della epidemiologia e quello dei modelli cellulari, non hanno forse ancora raggiunto larghezza di adesioni da parte di studiosi dell'Europa continentale (e la scelta aveva quindi anche finalità promozionali), il terzo invece, e cioè quello della farmacocinetica, annovera già numerosi e autorevoli specialisti anche in questi paesi ed ha dimostrato di attrarre l'attenzione di molti ricercatori interessati a problemi applicativi.

La sezione del volume dedicata ai modelli nell'epidemiologia comprende quattro memorie: quella dello studioso svizzero K. Dietz (della World Health Organization) analizza gli effetti delle fluttuazioni stagionali sulla diffusione delle malattie infettive, quella di R.M. Anderson, del dipartimento di Zoologia dell'Università di Londra, presenta alcuni modelli semplici della dinamica della popolazione di parassiti eucariotici, quella di A. Fortmann confronta i modelli astratti e la realtà epidemiologica nel caso dell'influenza *A*, infine quella di J. Berger, dell'Università di Magonza, che ha presieduto la corrispondente sezione del convegno,

This book, edited by J. Berger, W. Bühler, R. Repges and P. Tautu, is a record of the proceedings of a workshop of the same title held in Mainz in March 1976. The workshop was organized by the Mathematical Models group of the *Deutsche Gesellschaft für Medizinische Documentation, Informatik und Statistik* with the aim of comparing the opinions of experts from West Germany and some nearby countries (England, Italy, Switzerland) concerning the possibilities and limits of mathematical models in medicine. To this end the organizers preferred to concentrate attention on a restricted number of sectors in order to allow an in depth discussion of well-defined fields. Two of the chosen sectors, epidemiology and cellular models, have not yet gained a large following among continental European scholars (thus the choice was also meant to publicize them), while the third, pharmaco-kinetics, can already boast many authoritative specialists in these countries too and has proved to attract the attention of many researchers interested in applied problems.

The section of the book devoted to models in epidemiology contains four reports: that of the Swiss scholar K. Dietz (from the World Health Organization) analyzes the effect of seasonal fluctuations on the incidence of infectious diseases; that of R.M. Anderson, from the Department of Zoology of the University of London, presents some simple models of the population dynamics of eucaryotic parasites; that of A. Fortmann compares abstract models and epidemiological reality in the case of Influenza *A*; finally, that of J. Berger, from the University of Mainz, who chaired the corrisponding section of the conference, illustrates a model of control of rabies in the Central European countries. There are likewise four reports

illustra un modello del controllo dell'epidemia di rabbia nei paesi dell'Europa centrale. Quattro memorie comprende anche la sezione dedicata ai modelli cellulari; tre di queste hanno come autore o coatore P. Tautu, del Centro di Ricerca sul Cancro, di Heidelberg, che ha presieduto la corrispondente sezione del convegno, e trattano di un modello markoviano per la carcinogenesi, di modelli complessi (con diramazioni e più anelli) del ciclo cellulare, ed infine della possibilità di interpretare linguaggi formali come modelli della crescita biologica; l'altra memoria del gruppo è dovuta a M. Nagl, dell'Istituto di Informatica dell'Università di Erlangen-Norimberga, ed è dedicata alle applicazioni in biologia delle grammatiche di Chomsky. Sei memorie, alcune delle quali di più autori, sono infine raccolte nella terza parte del volume, dedicata alla cinetica dei farmaci; quella di Wichmann et al., dell'Università di Colonia, presenta un modello matematico dell'eritropoiesi, quella di Richter e Betz (delle Università di Düsseldorf e Bonn) tratta della simulazione di fenomeni biochimici e della sua applicazione in medicina e biologia, quella di R. Repges, che ha presieduto la corrispondente sezione del convegno, discute le basi fisiche della cinetica dei farmaci, quella di G. Segre, dell'Università di Siena, costituisce un panorama critico dei modelli matematici, di tipo compartimentale, usati in questo settore; infine le memorie di W. Müller-Schauenburg, dell'Università di Tubinga, e di Feldmann e Schneider, del dipartimento di Biometria della Scuola Medica di Hannover,, trattano di alcuni problemi matematici, di carattere particolare.
Le memorie sono tutte in lingua inglese. Alla fine di ogni sezione sono riportati gli interventi, non numerosi e in genere relativi ad aspetti particolari, su alcune memorie presentate e le risposte degli autori delle memorie stesse.

contained in the section devoted to cellular models; three of these are authored or coauthored by P. Tautu, from the Cancer Research Centre in Heidelberg, who chaired the corresponding section of the conference. They are concerned with a Markovian model for carcinogenesis, complex models (with branching and more than one loop) of the cell cycle, and lastly the possibility of interpreting formal languages as models of biological growth. The other report of this group is by M. Nagl, of the Computer Science Institute of the University of Erlangen-Nürnberg, and is devoted to the applications of Chomsky's grammars in biology. Finally, six reports, some of them by several authors, are grouped together in the third part of the book, which is devoted to the kinetics of drugs. That of Wichmann et al. from the University of Köln, presents a mathematical model of eritropoiesis; that of Richter and Betz (from the Universities of Düsseldorf and Bonn) deals with the simulation of biochemical phenomena and with the application of this simulation in medicine and biology; that of R. Repges, who chaired the corresponding section of the conference, discusses the physical bases of the kinetics of drugs; that of G. Segre, from the University of Siena, constitutes a critical overview of the compartmental mathematical models that are used in this sector; finally, the reports of W. Müller-Schauenburg, from the University of Tübingen, and of Feldmann and Schneider, from the Department of Biometrics of the Medical School of Hannover, deal with some mathematical problems of a specific nature. The reports are all written in English. At the end of every section space is devoted to transcription of the few and in general highly specific comments on the papers, and the replies by the authors of the papers.

ANTONIO LEPSCHY

CLINE, M. J.

The White Cell

Harvard University Press, London, 1975
x+564 pp., figs. and tables, £ 21.00

I globuli bianchi del sangue, o leucociti, svolgono funzioni molto importanti per la vita dell'individuo. Sostanzialmente si tratta di funzioni di difesa contro aggressioni da parte di microorganismi, o anche parassiti pluricellulari, globuli rossi estranei, proteine esogene. I meccanismi con cui si attua questa difesa si riducono sostanzialmente a due: la fagocitosi, cioè l'inglobamento e l'inattivazione dei corpi estranei di piccole dimensioni, e la difesa immunitaria, consistente nella elaborazione di sostanze specifiche (anticorpi) capaci di inattivare determinate sostanze (antigeni) sia libere, sia localizzate sulla membrana delle cellule. Questo secondo tipo di reazione rientra nel grande e complesso capitolo dell'immunologia, denso di problemi molti dei quali non sono ancora risolti.

Dal punto di vista morfologico i leucociti appartengono a tre classi principali (ciascuno con diverse sottoclassi): i granulociti, i linfociti, i monociti e macrofagi. Dal punto di vista funzionale, si può dire che la fagocitosi è compito soprattutto di alcuni granulociti (i neutrofili) dei monociti e dei macrofagi, mentre ai linfociti spetta soprattutto la produzione degli anticorpi e delle immunoglobuline. Tuttavia esistono interazioni a vari livelli fra le funzioni dei diversi tipi di leucociti, che l'autore di questo libro mette in evidenza.

Il libro è diviso in tre grandi capitoli corrispondenti alle tre categorie di leucociti, ogni capitolo è suddiviso in due sezioni che considerano lo stato normale e quello anormale delle rispettive cellule. L'origine embriologica, la produzione e la distruzione che avvengono nell'adulto, le funzioni, il metabolismo, oltre naturalmente alla morfologia dei diversi tipi di leucociti sono ampiamente descritti e illustrati con abbondanti, eccellenti figure. Le forme patologiche

The white corpuscles in the blood, or leucocytes, have functions that are very important for the life of the individual. These are mainly functions of defence against attack by micro-organisms, but also by multicellular parasites, foreign red corpuscles and exogenous proteins. The mechanisms of this defence are basically two in number: phagocytosis, i.e. the engulfing and inactivation of small foreign bodies, and the immunological defence consisting in the production of specific substances (antibodies) capable of inactivating given substances (antigens), either in a free state or localized on the cell membrane. The second type of reaction is part of the large and complex chapter of immunology, which abounds in problems, many of which have yet to be solved.

Morphologically, leucocytes belong to three main classes (each with several subclasses), i.e. granulocytes, lymphocytes, monocytes and macrophages. Functionally speaking, phagocytosis may be said to be above all the task of some granulocytes (the neutrophils), of the monocytes and the macrophages, while the lymphocytes are concerned mainly with the production of antibodies and immunoglobulins. However, interactions occur at various levels between the functions of the different types of leucocyte and this topic is discussed by the author.

The book is divided into three long chapters corresponding to the three classes of leucocytes, and each chapter is dubdivided into two sections dealing with the normal and abnormal states of the respective cells. The embryological origin, the production and destruction occurring in the adult, the functions and the metabolism of the various types of leucocytes, as well as their morphology are extensively described and illustrated with numerous excellent figures. The pathological forms and their effects on

e le loro conseguenze per l'organismo sono diffusamente trattate.
La bibliografia sui leucociti è estesissima. L'autore afferma nell'introduzione di aver consultato più di 6000 articoli molti dei quali sono elencati alla fine di ogni capitolo.
La ottima veste editoriale è un ulteriore merito di questo eccellente trattato, di grande utilità per i patologi, i clinici e i biologi.

the organism are dealt with in detail.
The bibliography on leucocytes is extremely extensive. The writer claims in his introduction to have consulted more than 6000 articles, many of which are listed at the end of each chapter.
The volume has also the merit of being well printed and illustrated and will be of great use to pathologists, clinicians and biologists.

GIUSEPPE MONTALENTI

GOLDMAN, R., POLLARD, T. and ROSENBAUM, J. (eds.)

Cell Motility

Book A: Motility, Muscle and Non-muscle Cells
Book B: Actin, Myosin and Associated Proteins
Book C: Microtubules and Related Proteins
Series: Cold Springs Harbor Conferences on Cell Proliferation, Vol. 3, Cold Springs Harbor (N. Y.), 1976
xxxvi+1973 pp., figs. and tables, No price stated

INOUÉ and STEPHENS, R. E. (eds.)

Molecules and Cell Movement

Series: Society of General Physiologists Series, Vol. 30, Raven Press, New York, 1975
x+450 pp., tables and plates, $ 27.50

Nel 1953 Jane Hanson e Hugh Huxley pensarono che le proteine actina e miosina fossero localizzate su filamenti separati di lunghezza stabile, nel muscolo striato, e l'anno successivo proposero che la contrazione nascesse in seguito allo scivolamento dell'un tipo di filamenti sull'altro. Nacque così il modello '*sliding-filament mechanism*', che servì di supporto a venti anni di ricerche sulla fisiologia muscolare, le quali hanno ormai costituito un corpo di dottrina classica, codificato in numerosi trattati. Gli altri tipi di moto di cui le cellule dispongono sono rimasti invece a lungo in ombra, per la difficoltà di riportarli al modello muscolare o di dimostrare validi modelli alternativi. Lentamente, però, actina e miosina sono state purificate nelle cellule a moto ame-

In 1953 Jane Hanson and Hugh Huxley had the idea that the proteins actin and myosin were localised on separate filaments of stable length in the striate muscle, and in the following year they suggested that the contraction arose as a result of the sliding of one type of filament over another. Thus was born the 'sliding-filament mechanism' model, which served as a support for twenty years of research on muscular physiology: research that by now constitutes a corpus of classical doctrine, codified in numerous treatises. The other types of motion possessed by cells, however, have for a long time remained unclear, on account of the difficulty of relating them to the muscular model and of demonstrating valid alternative models. But gradually actin and

boide, altre proteine nuove, quali la flagellina, la tubulina e la dineina sono state scoperte nei flagelli dei vari esseri viventi, e dopo ancora tubulina e dineina sono risultate ancor più diffuse di quanto prima sospettato, costituendo un sistema di motilità vicariante a quello actomiosinico. Ed anche su queste è stato dimostrato lo scivolamento, e si è così compresa la base molecolare del movimento di batteri e protozoi, leucociti e spermatozoi, cellule in divisione e cellule in accrescimento. Dapprima i microscopisti elettronici hanno descritto i particolari del quadro, poi i biochimici hanno purificato i suoi elementi. A questo punto i tempi sono stati maturi per una trattatistica su questo settore e sono incominciati a fiorire simposi specializzati. I due più importanti di essi hanno prodotto i volumi qui presentati, che sotto vari aspetti sono destinati a divenire dei classici sull'argomento.

Cell Motility, a cura di R. Goldman, T. Pollard e J. Rosenbaum, è una poderosa opera in tre volumi, che racchiude complessivamente 92 contributi scritti da 250 scienziati, nei quali ogni aspetto della motilità cellulare è passato in rassegna dai più qualificati specialisti convenuti a una Cold Spring Harbor Conference on Cell Proliferation tenutasi nel 1975. Dopo una introduzione generale di Keith Porter sull'intero panorama trattato, che va dalle piante alla cellula nervosa, la materia viene ordinata come segue: dapprima i sistemi di motilità primitivi (flagello batterico e coda dei virus); poi il classico dell'argomento, la contrazione muscolare, esaminata nei diversi modelli di muscolo noti; quindi i movimenti della superficie cellulare, dovuti alla interazione di filamenti actinici con microtubuli; infine la tecnica più recente, e cioè l'uso degli anticorpi per localizzare nella cellula proteine contrattili e microtubuli. Così si conclude il primo volume. Nel secondo le singole proteine sono trattate singolarmente: prima l'actina, nei vari tipi di cellula e, in particolare, quella associata alle membrane, poi la miosina ed il suo controllo.

myosin have been isolated in cells having amoeboid motion, other new proteins, such as flagellin, tubulin and dynein, have been discovered in the flagella of various living beings, and later it was discovered that tubulin and dynein were more widespread than had been suspected previously, thus constituting a system of motility supplementary to the actomyosinic one. Slipping was demonstrated on these proteins also, which led to an understanding of the molecular basis of the movement of bacteria and protozoa, leukocytes and spermatozoa, cells in division and cells in growth. Scientists using the electron microscope first described the details of the picture, then the biochemists isolated its elements. At this point the time was ripe for a series of studies on this sector, and specialised symposia began to be held. The two most important symposia have resulted in these volumes, which, under various aspects, are destined to become classics on the subject.

Cell Motility, edited by R. Goldman, T. Pollard and J. Rosenbaum, is a weighty work in three volumes, containing in all 92 contributions, written by 250 scientists, in which every aspect of cell motility is discussed by the more qualified specialists, who met at a Cold Spring Harbor Conference on Cell Proliferation held in 1975. After a general introduction by Keith Porter on the whole range of the subjects discussed, which goes from plants to the nerve cell, the material is arranged as follows: first the primitive systems of motility (bacterium flagellum and virus tail); then the classical element of the subject — muscular contraction — discussed in the different known models of muscle; then the movements of the cell surface, due to the interaction of actin filaments with microtubules; finally, the latest technique: the use of antibodies for localising contractile proteins and microtubules in the cell. Thus concludes the first volume. In the second volume the individual proteins are treated singly: first actin, in the various types of cell, and particularly that associated with the membranes, then myosin and its control. The sub-

La materia prosegue nel terzo volume, ove sono passati in rassegna la tubulina e la dineina, ed il loro modo di interagire in ciglia, flagelli, assostili e neuroni, quindi il particolare problema della polimerizzazione della tubulina ed infine il complesso ed ancora dubbio quadro della interazione fra actina e tubulina nella divisione cellulare. In una conclusione generale, E.W. Taylor riassume le principali acquisizioni raggiunte durante il simposio.

È impossibile una disamina accurata dei singoli contributi. Si può osservare che alcuni di essi, come quello di H. Huxley sulla contrazione muscolare, di R. Allen sulla actina, di G. Satir sul ciglio sono delle splendide messe a punto monografiche ed assumono un valore storico considerevole. Altri comunicano invece importanti dati originali, come R. Fine e A. Blitz che trovano troponina in cellule non muscolari, come J. Gibbons e collaboratori, che individuano vari tipi di dineina nel flagello spermatico, come Witman e collaboratori, che isolano la proteina dei legami radiali flagellari. Altri infine discutendo l'insieme dei dati disponibili su argomenti di particolare attualità, giungono a fornire dimostrazioni, come quella del moto rotatorio del flagello batterico, dovuta a M. Hilmen e M. Simon e a H. Berg, quella della polimerizzazione-depolimerizzazione dei microtubuli nella cellula in mitosi, dovuta a S. Inoué, o quella del cambiamento di stato cristallino dell'actina nella espulsione del perforatorium acrosomale, dovuta di L. Tilney.

Il volume *Molecules and Cell Movement*, edito da S. Inoué e R. E. Stephens, è uscito un anno prima dell'altro e contiene i lavori del 28° Simposio della 'Society of General Physiologists' del 1974. Come opera è di assai minor mole e di impegno inferiore, tuttavia per alcuni contributi, dovuti ai medesimi autori, ha il pregio di una maggiore originalità, anche se di una minor completezza. Dall'opera è escluso il muscolo, considerato ormai patrimonio acquisito. Un primo gruppo di sei contributi riguarda la mitosi, un altro, di cinque, la motilità ci-

ject is pursued in the third volume, which deals with tubulin and dynein and their way of interacting in cilia, flagella, axostyles and neurones, together with the particular problem of the polymerisation of tubulin, and lastly the complex and still doubtful pattern of the interaction between actin and tubulin in cell division. In a general conclusion, E. W. Taylor sums up the main points in the new knowledge acquired during the symposium.

It is impossible to give an accurate account of the individual contributions. It may be observed that some of them, such as the one by H. Huxley on muscular contraction, the one by R. Allen on actin and the one by G. Satir on the cilium, are splendid monographs of considerable historical value. Others, however, provide important original data, such as those by R. Fine and A. Blitz, who discuss troponin in non-muscular cells, by J. Gibbons and collaborators, who identify various types of dynein in the spermatic flagellum, and by Witman and collaborators, who isolate the protein of the flagellar radial bonds. Others again, in discussing the sum total of the data available on topics of particular current importance, provide demonstrations, such as that of the rotatory motion of the bacterial flagellum, contributed by M. Hilmen and M. Simon and by H. Berg, that of the polymerisation-depolymerisation of the microtubules in the cell in mitosis, by S. Inoué, and that of the change of crystalline state of actin in the expulsion of the acrosomal perforatorium, by L. Tilney.

The volume *Molecules and Cell Movement*, edited by S. Inoué and R. E. Stephens, appeared one year before the other and contains the works of the 28th Symposium of the 'Society of General Physiologists', held in 1974. As a work, it is of much smaller proportions and of slighter stature; nevertheless, on account of certain contributions, written by the above authors, it has the quality of greater originality, even if it is less complete. The work includes no reference to the muscle, by now considered a realm of common property. An initial

liare e flagellare, altri cinque sono centrati sui microfilamenti nel moto ameboide e quattro ultimi sui sistemi capaci di contrazione ed estensione, come actina e microtubuli. Anche in quest'opera non mancano i contributi originali, come la dimostrazione di un solo tipo di dimero nella tubulina dei doppietti flagellari, dovuta a Stephens, ed alcuni capitoli, come quello di Rebhun sul moto ameboide delle uova marine, affrontano argomenti difficilmente reperibili altrove. Tuttavia i temi della maggior parte dei lavori vengono ripresi, in modo più esauriente, nei volumi della Cold Spring Harbor Conference.

Anche se sfortunato per il più piccolo dei due trattati, soffocato a breve scadenza dal colossale *Cell Motility*, l'evento della uscita delle due opere su una materia così nuova a così breve intervallo è una combinazione complessivamente vantaggiosa. Si ha modo infatti di valutare il veloce accrescersi delle nostre conoscenze sul moto cellulare, la forte competitività che regna questo settore di ricerca, l'esistenza di tanti punti oscuri, confermati in ambedue le occasioni, ancora da risolvere. Così i due libri hanno anche un effetto stimolante quanti altri mai.

group of six contributions is devoted to mitosis; another group, of five contributions, concerns ciliar and flagellar mobility; five more deal with the microfilaments in amoeboid motion and four last ones concern systems capable of contraction and extension, such as actin and microtubules. This work too contains original contributions, such as the demonstration of a single type of dimer in the tubulin of flagellar doublets, written by Stephens, and certain chapters, such as that by Rebhun on the amoeboid motion of marine spawn, deal with topics that are hard to find discussed elsewhere. However, the themes of most of the works are recapitulated, more fully, in the volumes of the Cold Spring Harbor Conference.

Even if it is unfortunate for the smaller of the two works to have been swamped almost at once by the appearance of the colossal *Cell Motility*, the appearance of the two works on such a new subject, at such a brief interval between them, is an advantageous coincidence. In fact, the reader will have the opportunity of appraising the speedy growth of our knowledge on cell motion, the strong element of competition that governs this sector of research, and the existence of many obscure points, confirmed on both occasions, that are still to be cleared up. Thus the two volumes have a stimulating effect such as is rarely found elsewhere.

BACCIO BACCETTI

FREY-WYSSLING, A.

The Plant Cell Wall

Series: Encyclopedia of Plant Anatomy,
Band III, Teil 4.
Gebrüder Borntraeger Verlag, Berlin, 1976
XI+294 pp., figs. and tables, DM 176,—

Il volume sulla parete cellulare delle piante fa parte dell'imponente serie dal titolo *Handbuch der Pflanzenanatomie* la cui prima edizione fu diretta da K. Linsbauer. I vari volumi sono stati via via modificati o rifatti. Completamente nuova è infatti questa terza edizione di *The Plant Cell Wall* che segue alla prima del 1925 ad opera di C. van Wisslingh ed alla seconda del 1959 ad opera di P. A. Roelofsen. La terza, cioè la presente, edizione è stata compilata da A. Frey-Wyssling, Professore emerito all'Istituto Federale di Tecnologia di Zurigo.

Per i biologi, in particolare per i botanici, quello di Frey-Wyssling è un nome familiare ormai da mezzo secolo, legato come è ai primi modelli delle ultrastrutture citoplasmatiche ed in particolare a quello della parete cellulare. Il suo nome infatti è da solo sufficiente a raccomandarci questo volume che in meno di trecento pagine riesce a sintetizzare il lavoro di tre secoli (tanti ne corrono infatti da quando nel 1667 Hooke creò il termine 'cellula' in base all'esame microscopico delle cellule del sughero, costituite in pratica dalle sole pareti).

Il notevole sforzo di sintesi dell'autore ha reso il volume estremamente agile e conciso, ma al tempo stesso completo. Vien dato largo spazio alla ontogenesi della parete, a cominciare dalla formazione della lamella mediana fino alle 'incrostazioni' e 'adcrostazioni', nonché alla morfogenesi e ai vari tipi di accrescimento. Questa sezione non trascura aspetti anche specializzati come le '*transfer cells*' e la rigenerazione della parete.

La seconda parte del volume tratta della biochimica della parete. Nonostante il testo sia riferito di massima alle piante superiori, pure, per un utile termine di confronto, ven-

The volume is one of the series entitled *Handbuch der Pflanzenanatomie*, the first edition of which was edited by R. Linsbauer. The various volumes have gradually been modified or revised. In fact, this third edition of *The Plant Cell Wall* is completely new, following the first edition of 1925, written by C. van Wisslingh, and the second of 1959, edited by P. A. Roelofsen. The editor of the present volume is Professor at the Federal Institute of Technology in Zürich.

For biologists, and especially for botanists, the name of Frey-Wyssling has been familiar for half a century, since it is connected with the first models of cytoplasmatic ultrastructures and particularly that of the cell wall. In fact, his name alone is sufficient to recommend this volume, which, in fewer than three hundred pages, manages to synthesise the work of three centuries (i.e. the period that has elapsed since 1667, the year in which Hooke coined the term 'cell' on the basis of the microscopic examination of cork cells, which consist in substance of walls alone).

The author has taken considerable pains to produce a volume that is extremely handy and concise but also complete. Much space is given to the ontogenesis of the wall, beginning with the formation of the middle lamella up to the 'incrustations' and 'adcrustations', as well as to the morphogenesis and to the various types of growth. Nor does the author ignore specialised aspects such as 'transfer cells' and the regeneration of the wall.

The second part of the volume deals with the biochemistry of the wall. Although the text mostly refers to the higher plants, there are also descriptions — as useful terms

gono descritte anche le pareti delle Tallofite: alghe, funghi, lieviti, e i procariotici batteri ed alghe azzurre.
La terza parte riguarda la biofisica delle pareti: vengono trattati gli aspetti classici che riguardano l'analisi ai raggi X, i fenomeni di birifrangenza, birifrangenza di forma e dicroismo. Inoltre vengono presi in considerazione argomenti anche di importanza pratica come quello delle caratteristiche meccaniche delle pareti.
Il libro è ben illustrato, ha una ricchissima bibliografia ed esaurienti indici analitici. Naturalmente non contiene tutti i dati, anche minuti, accumulati negli anni, né si dilunga in certi aspetti della biochimica e della biofisica della parete per i quali si rimanda ad altre recenti ed esaurienti rassegne. Ma la esperta scelta di quel che occorre sapere, la concisione del testo, gli accorgimenti tipografici e la precisione delle definizioni fanno di questo volume un ottimo manuale di consultazione nel quale si possono trovare i dati essenziali di base per orientarsi con sicurezza in qualsiasi problema che riguardi la parete della cellula vegetale.

of comparison — of the walls of the Tallophytes: algae, fungi, yeasts and the prokaryotic bacteria and blue green algae.
The third part concerns the biophysics of the walls, with accounts of the classical aspects: X-ray analysis and the phenomena of birefrangence, form birefrangence and dichroism. The author also discusses subjects of practical importance, such as that of the mechanical characteristics of the walls.
The volume is well illustrated and is provided with an extremely extensive bibliography and full analytical indexes. Naturally it does not contain all the data that have accumulated over the years, nor does it dwell on certain aspects of the biochemistry and the biophysics of the cell wall, for which the reader is referred to other recent and more complete surveys. But the skilful choice of what should be presented, the conciseness of the text, the appropriateness of the typographical layout and the precision of the definitions make this volume an excellent reference manual, in which the reader can find the essential data to enable him to investigate any problem concerning the cell wall of plants.

GIACOMINO SARFATTI

AMATI, P. (ed.)

I virus

Series: Aggiornamenti di biologia moderna, Vol. 1
Zanichelli Editore, Bologna, 1975
240 pp., figs. and tables, L. 5.400

I virus sono stati oggetto di ricerche di significato fondamentale per la biologia. Quindi la virologia oltreché per la importanza della applicazioni pratiche (in quanto i virus, tutti parassiti, determinano alterazioni e malattie in ogni sorta di organismi, dai batteri ai protozoi, dalle piante agli animali all'uomo) « è assurta di diritto al rango di scienza biologica fondamentale ». È questo l'aspetto su cui Paolo Amati ha voluto giustamente porre l'accento nel coordinare questo volume, che è costituito da sei capitoli scritti da persone particolarmente competenti nei vari argomenti. Lo elenco dei titoli è sufficiente a dimostrare l'asserzione di S. E. Luria sopra riferita. Il volume si apre appunto con una introduzione di Luria su: *La scienza della virologia e l'origine e natura dei virus*. Il secondo capitolo, di J. Pulitzer e A. Coppo, riguarda: *I meccanismi di controllo delle sintesi macromolecolari e della morfogenesi nel batteriofago* T_4. Segue un contributo di E. Calef su: *La lisogenia: un saggio di genetica molecolare.* Il quarto capitolo, scritto da F. Blasi, si riferisce a: *Fagi trasducenti specializzati: modelli di studio dei meccanismi di espressione genica.* Il quinto degli autori A. Di Mauro e P. Amati tratta de: *I virus oncogeni, polioma e SV 40*. Il sesto e ultimo, di M. Soria, riguarda: *Aspetti molecolari della replicazione del virus della poliomielite.* Ogni capitolo è corredato da diagrammi illustrativi ed è seguito di un elenco bibliografico assai ricco.

Non sono considerati tutti i campi della ricerca virologica, il che avrebbe moltiplicato la mole del volume per un fattore molto elevato, ma quanto è qui riassunto è sufficiente a dare una chiara e documentata idea della importanza dei virus come oggetto di studio di numerosi processi biologici fondamentali.

Viruses have been the object of some of the most significant research in biology. Therefore virology, above and beyond the importance of its practical applications (for viruses, all of them parasites, cause alterations and diseases in all sorts of organisms, bacteria, protozoa, plants animals and man), « has justly risen to the rank of basic biological science ».
This is the aspect which Paolo Amati has rightly chosen to emphasize in the editing of this collection, which consists of six chapters written by specialists in the various topics. The list of titles is sufficient to prove the above assertion taken from S. E. Luria. The book opens with an introduction by this scientist on: *The Science of Virology and the Origin and Nature of Viruses*. The second chapter, by J. Pulitzer and A. Coppo, concerns: *The Mechanisms of Control of Macromolecular Syntheses and of Morphogenesis in the Bacteriophage* T_4. There follows a contribution by E. Calef on: *Lysogeny: A Study in Molecular Genetics.* The fourth chapter, written by F. Blasi, refers to *Specialized Transducing Phages: Models of Study of the Mechanisms of Genic Expression.* The fifth chapter, by A. D. Mauro and P. Amati, concerns: *Oncogenic Viruses, Polioma and SV 40*. The sixth and last, by M. Soria, is about: *Molecular Aspects of the Replication of the Virus of Poliomyelitis.* Each chapter is provided with illustrative diagrams and is followed by a fairly detailed bibliography.
Not all fields of virological research are taken into consideration, as this would have greatly increased the size of the book, but what has been summarized here is sufficient to give a clear outline of the basic facts concerning the importance of viruses as the object of study of numerous fundamental biological processes.

GIUSEPPE MONTALENTI

CANELLA, M. F. and ROCCHI - CANELLA, I.

Biologie des Ophryoglenina

(Ciliés Hyménostomes Histophages)

Series: Contributions à la connaissance des Ciliés, Vol. 8
Annali dell'Università di Ferrara, (Nuova Serie) Sezione III - Biologia animale, Supplemento II al Volume III
Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, 1976
VIII+510 pp., figs. and tables, No price stated

Da lunghi anni il Prof. Canella è impegnato in ricerche sulla morfologia, la sistematica, la biologia dei protozoi della classe dei ciliati, per le quali è giustamente considerato come uno dei più competenti 'ciliatologi'. Questa voluminosa memoria è dedicata soprattutto alla posizione tassonomica dei ciliati delle famiglie *Ophryoglenidae* e *Ichthyophthiriidae*, che comprendono specie libere, che si nutrono di batteri e di tessuti di varie provenienza, che trovano nell'acqua, e specie parassite di insetti, o di pesci. La prima parte di questa pubblicazione consiste in uno studio accuratissimo dell'architettura e del corredo di cilia dell'apparato orale di *Ophryoglena*, con particolare riguardo ai processi di regressione di tale apparato durante l'incistademento e della sua neoformazione (stomatogenesi) negli individui che si formano in seguito alla moltiplicazione che ha luogo nella cisti. Questo studio morfofisiologico, eseguito con l'ausilio di vari metodi di colorazione e di impregnazione è ammirevole per la sua precisione e finezza (notevoli le ricostruzioni schematiche del complicato organo di presa dell'alimento) che non riescono nuove a chi conosce le precedenti indagini di questo autore e della sua collaboratrice. La seconda parte consiste in una vivace polemica sulle osservazioni e le interpretazioni, sempre dell'apparato orale e della stomatogenesi da parte della 'Scuola di Clermont Ferrand', le cui affermazioni sono sottoposte ad una critica estremamente analitica e severa.

Anche la terza parte, dedicata al genere *Ichthyophthirius*, è sostanzialmente polemi-

For many years Prof. Canella has been engaged in research on the morphology, systematics and biology of the protozoa of the class Ciliates, for which he is rightly considered as one of the most authoritative 'ciliatologists'. This voluminous work is devoted especially to the taxonomic position of the ciliates of the families *Ophryoglenidae* and *Ichthyophthiriidae*, which comprise free-living species, that feed on bacteria and tissues of various origins and are found in water, and species living as parasites of insects or fishes. The first part of this publication consists in a very careful study on the architecture and the set of cilia of the oral apparatus of *Ophryoglena*, with particular regard to the processes of regression of this apparatus during encystment and of neoformation (stomatogenesis) in individuals that form as a result of the multiplication that takes place in the cysts. This morpho-physiological study, carried out with the aid of various staining and impregnation methods, is admirable for its precision and refinement (particularly interesting the diagrammatic reconstructions of the complicated food-holding organ), qualities that will be familiar to those that know the previous studies by the author and his collaborator. The second part consists in a lively discussion on the observations and interpretations, on the oral apparatus and the stomatogenesis, offered by the 'Clermont Ferrand School', whose statements are subjected to an extremely severe and analytical criticism.

Also the third part, devoted to the genus *Ichthyophthirius*, is substantially contro-

ca verso la stessa scuola francese, nonché verso altri osservatori. I lavori riferiti nella bibliografia e quasi tutti ampiamente citati e discussi nel testo sono più di 600; gli autori (elencati in un accurato indice, con rimandi alle pagine del testo in cui sono citati) sono più di 300.
Quest'opera è certamente di grande interesse per i protistologi. Sarebbe stato utile per i non specialisti, che non possono leggere tutte le 500 pagine, aggiungere un riassunto, in cui fossero brevemente delineati i vari argomenti, i temi della polemica, e le principali conclusioni di carattere generale. Anche i paragrafi dell'appendice (« La 'structural-conservation hypothesis' de Lynn; L'évolution des ciliés peut-elle être éclairée par l'étude des ultra-structures du cortex buccal on bien par des recherches de biochimie comparative et de génétique moléculaire?; Un problème embrouillé par surcharge de spéculations: les origines des ciliés astomes ») lasciano insoddisfatto chi cerchi di rendersi conto delle conclusioni che si possono trarre da tante ricerche così impegnative e indaginose.

versial with respect to this French school, as well as to other observers. Over 600 papers are mentioned in the bibliography, nearly all of them cited and fully discussed in the text; the authors (listed in an accurate index, with references to the pages on which they are cited in the text) number over 300.
This work is certainly of great interest to protistologists. For non-specialists, who cannot read all the 500 pages, it would have been useful to add a summary with a brief outline of the various subjects, the themes of the discussion and the main conclusions of a general nature. Also the sections of the appendix (« La 'structural-conservation hypothesis' de Lynn; L'évolution des ciliés peut-elle être éclairée par l'étude des ultra-structures du cortex buccal on bien par des recherches de biochimie comparative et de génétique moléculaire?; Un problème embrouillé par surcharge de spéculations: les origines des ciliés astomes ») fail to satisfy anyone seeking to take account of the conclusions that may be drawn from so many studies of such an exacting and searching nature.

GIUSEPPE MONTALENTI

*** *The Biology of the Nocardiae*

Academic Press, London, 1976
XVII+517 pp., figs. and tables, £ 15.00

Nocardia è il nome che V. Trevisan attribuì nella sua pubblicazione: *I generi e le specie delle batteriacee* (Milano, 1889) ad un genere di Actinomiceti, in onore di E. Nocard. Questo parassitologo aveva infatti pubblicato una *Note sur la maladie des boefs de la Guadeloupe, connue sous le nom de farcin* (Ann. Inst. Pasteur, Paris, Vol. 2, 1888) in cui descriveva il parassita e ne stabiliva la relazione con la malattia. In seguito si vide che, oltre a determinare il 'farcino', malattia che colpisce prevalentemente il sistema linfatico dei bovini e dei cavalli, al-

Nocardia is the name that V. Trevisan gave, in his publication *I generi e le specie delle batteriacee* (Milano, 1889), to a genus of Actinomycetes, in honour of E. Nocard. In fact, this parasitologist published a *Note sur la maladie des boeufs de la Guadeloupe, connue sous le nom de farcin* (Ann. Inst. Pasteur, Paris, Vol. 2, 1888) in which he described the parasite and established its relationship with the disease. Later it was seen that, besides causing farcy, a disease that prevalently attacks the lymphatic system of bovines and horses, some

cune specie di *Nocardia*, sono patogene anche per l'uomo, in cui determinano una micosi polmonare che si diffonde poi ad altre parti del corpo, o anche infezioni primarie a carico di vari organi, compreso il sistema nervoso. Si tratta in genere di malattie croniche progressive diffuse soprattutto nell'America centro-meridionale, caratterizzate dalla formazione di micetomi, cioè infezioni granulomatose che vanno in suppurazione.

La posizione sistematica di *Nocardia* e degli Actinomiceti o Micobatteri in generale è stata lungamente discussa e tuttora non è chiara: alcuni autori li ritengono batteri, altri organismi intermedi fra i batteri e i funghi, altri li ascrivono decisamente ai funghi. In questo volume sono raccolti i contributi di 36 autori, in cui sono esposte le conoscenze attuali sui vari aspetti della biologia di questi parassiti. Dalla tassonomia (compresa la tassonomia numerica) che occupa tre relazioni, alla morfologia microscopica e ultra-microscopica, alla struttura della parete cellulare, alla biochimica e alla sierologia. Alcune relazione sono dedicate al metabolismo, ad alcuni dati sulla genetica, all'azione dei batteriofagi, ai meccanismi della patogenesi, alla chemioterapia.
Questo volume è di grande interesse per i microbiologi, per gli aspetti di indagine fondamentale e applicata che vi sono trattati.

species of *Nocardia* are also pathogenic for man, in whom they cause a pulmonary mycosis, which then spreads to other parts of the body, or also primary infections in various organs, including the nervous system. In general, these are progressive chronic diseases mainly widespread in central-southern America, characterised by the formation of mycetomas: i.e. granulomatose infections that turn to suppuration.
The systematic position of *Nocardia* and of the Actinomycetes or Mycobacteria in general has been discussed at length and is still unclear: some authors consider them bacteria, others intermediate organisms between the bacteria and the fungi, others again definitely ascribe them to the fungi. This volume contains the contributions of 36 authors, who give an account of the present knowledge on the various aspects of the biology of these parasites. The subjects range from the taxonomy (including numerical taxonomy), which occupies three articles, to the microscopic and ultra-microscopic morphology, the structure of the cell wall, the biochemistry and the serology. Some papers are devoted to metabolism, data on genetics, the action of bacteriophages, the mechanisms of pathogenesis and chemiotherapy.
The volume is of great interest for microbiologists on account of the aspects of fundamental and applied research that it presents.

GIUSEPPE MONTALENTI

STEWART, W. D. P. (ed.)

Nitrogen Fixation by Free-living Micro-organisms

Series: International Biological Programme, Vol. 6
Cambridge University Press, Cambridge, 1975
XXII+471 pp., figs. and tables, £ 13.50

EVELETH, PH.B and TANNER, J. M.

Worldwide Variation in Human Growth

Series: International Biological Programme, Vol. 8
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
XIV+498 pp., figs. and tables, £ 20.00

Il Programma Biologico Internazionale (International Biological Programme, IBP) è una impresa, proposta nel 1964 dalla Unione Internazionale delle Scienze Biologiche (International Union of Biological Sciences, IUBS) e sostenuta dal Consiglio Internazionale delle Unioni Scientifiche (International Council of Scientific Unions, ICSU), che ha avuto termine nel 1974. Il tema dell'impresa era stato determinato come segue: « Le basi biologiche della produttività e il benessere umano » nella convinzione che il rapido aumento numerico della popolazione umana richiede una migliore conoscenza dell'ambiente come base per la gestione razionale delle risorse naturali. Allo IBP hanno partecipato numerosi biologi di molte nazioni: è stata questa la prima occasione per l'organizzazione di un lavoro internazionale centrato su di un tema comune. Concluso il periodo della ricerca, i principali risultati vengono pubblicati in una serie di volumi editi dalla Cambridge University Press.

Il volume sesto e l'ottavo si riferiscono rispettivamente alle ricerche sulla fissazione dell'azoto da parte dei microrganismi viventi liberi nel terreno e nelle acque, e sulle variazioni dell'accrescimento umano in diverse popolazioni del mondo.

The International Biological Programme (IBP) is an enterprise, proposed in 1964 by the International Union of Biological Sciences (IUBS) and supported by the International Council of Scientific Unions (ICSU), which came to an end in 1974. The theme of the enterprise had been determined as follows: « The biological basis of productivity and human welfare », with the conviction that the rapid numerical increase in human population calls for a better knowledge of the environment as a basis for the rational organisation of the natural resources. Numerous biologists from many countries participated in the IBP: this was the first opportunity for the organisation of an international work centred upon a common theme. The period of research having ended, the main results are being published in a series of volumes issued by the Cambridge University Press.
The sixth and eighth volumes deal respectively with the studies on nitrogen fixation by free-living micro-organisms in the soil and in the waters, and on the variations in human growth in various populations of the world.

Nitrogen fixation is a process of the utmost importance for life, because nitrogen is one of the four essential constituent elements

La fissazione dell'azoto è un processo di somma importanza per la vita, perché l'azoto è uno dei quattro elementi essenziali costitutivi delle proteine. Mentre l'attività dei batteri fissatori che vivono in simbiosi nelle radici delle leguminose è relativamente ben conosciuta, poco si sa sugli organismi non simbionti (batteri e cianofite) che esercitano un'analoga funzione. Nel volume citato sono raccolte le relazioni di 59 autori delle seguenti nazionalità: Brasile, Canada, Ceylon, Danimarca, Egitto, Francia, Gran Bretagna, India, Marocco, Olanda, Senegal, Svezia, Tailandia, URSS, USA. Le 29 relazioni sono distribuite in quattro sezioni: I, Fissazione dell'azoto da parte di batteri non simbionti; II, da parte di cianofite non simbionti; III, La tecnica della riduzione dell'acetilene per misurare l'intensità della fissazione dell'azoto nel terreno; IV, La biochimica della fissazione dell'azoto. Questo volume è dovunque di grande interesse per i fisiologi vegetali e i biochimici.

Il volume ottavo, che interessa gli antropologi, è invece redatto dai due autori, che nella introduzione esprimono i ringraziamenti a un gran numero di colleghi di numerose diverse nazionalità. La materia è distribuita in 12 capitoli, che trattano i seguenti argomenti: 1. Introduzione agli studi comparativi dell'accrescimento; 2. Europei in Europa; 3. Discendenti degli Europei in Australasia, Africa e America; 4. Africani in Africa e in America; 5. Asiatici in Asia e in America; 6. Indomediterranei del vicino Oriente, l'Africa Settentrionale e l'India; 7. Aborigeni australiani e popoli delle isole del Pacifico; 8. Velocità di maturazione: differenze fra le popolazioni nello sviluppo scheletrico, puberale e dentale; 9. Differenze genetiche nello accrescimento: comparazioni fra famiglie e razze; 10. Influenze dell'ambiente sull'accrescimento; 11. Effetti selettivi del bioma sull'accrescimento: altitudini elevate, regioni polari e tropici; 12. Riassunto. I dati analitici sono raccolti in 111 tavole in appendice. Ricchissima la bibliografia.

of the proteins. While the activity of the fixatory bacteria living in symbiosis in the roots of the Leguminosae is relatively well known, little is known about the non-symbiontic organisms (bacteria and cyanophyta) that perform a similar function. In the above-mentioned volume are collected the papers contributed by 59 authors from the following countries: Brazil, Canada, Ceylon, Denmark, Egypt, France, Great Britain, Holland, India, Marocco, Senegal, Sweden, Thailand, USSR and USA. The 29 papers are arranged in four sections: I, Nitrogen fixation by non-symbiontic bacteria; II, Nitrogen fixation by non-symbiontic cyanophyta; III, The technique of acetylene reduction for measuring the intensity of nitrogen fixation in the soil; IV, The biochemistry of nitrogen fixation. The volume is therefore of great interest for plant physiologists and biochemists.

The other volume, which is of interest to anthropologists, is edited by two authors, who, in the introduction, express their thanks to a great number of colleagues of many different countries. The material is divided into 12 chapters, dealing with the following subjects: 1. An introduction to comparative growth studies, methods and standards; 2. Europeans in Europe; 3. European descendants in Australasia, Africa and the Americas; 4. Africans in Africa and the Americas; 5. Asiatics in Asia and the Americas; 6. Indo-Mediterraneans of the Near East, North Africa and India; 7. Australian aborigines and Pacific Islands people; 8. Rate of maturation: population differences in skeletal, dental and pubertal development; 9. Genetical influences on growth: family and race comparisons; 10. Environmental influences on growth; 11. Selective effects of the biome on growth: high altitudes, polar regions and tropics; 12. Summary. The analytical data are collected into 111 tables in the appendix. There is also an extremely exhaustive bibliography.
The volume offers a complete picture of the growth of children in various races and

Il libro dà un quadro completo dell'accrescimento dei bambini in varie razze e in vari ambienti all'epoca presente. È quindi interessante non soltanto dal punto di vista teorico, ma anche da quello pratico, per migliorare le condizioni dello sviluppo delle popolazioni.

in various environments at the present time. It is therefore interesting not only from the theoretical point of view but also from the practical one, as an aid towards improving conditions for the development of populations.

GIUSEPPE MONTALENTI

MORGAN, C. I. and KING, P. E.

British Tardigrades

Series: Synopses of the British Fauna (New Series), Vol. 9
Academic Press, London, 1976
133 pp., figs., £ 2.50

I Tardigradi sono strani piccoli animali dell'ordine di grandezza del millimetro o di sue frazioni viventi nell'acqua o nel muschio umido (circa 400 sono le specie finora descritte) che suscitarono grande interesse fin dal secolo XVIII per la facoltà di entrare in anabiosi, o vita latente, disidratandosi quasi completamente, per poi 'risuscitare' quando l'ambiente torni ad essere ricco di acqua.
Il presente volumetto è una descrizione sistematica delle specie viventi nelle isole britanniche, con note di morfologia e di biologia. Una chiave dicotomica è di aiuto nella determinazione delle specie.

Tardigrades are curious little animals in the size range of a millimetre or fraction thereof, living in water or in damp moss (the species described up to now number roughly 400), which have aroused great interest since the 18th. century for their ability to enter into anabiosis, or latent life, by becoming almost completely dehydrated, and then to 'resuscitate' when the environment is once more rich in water.
This booklet is a systematic description of the species that live in the British Isles, with notes on morphology and biology. A dichotomous key is helpful in the determination of the species.

GIUSEPPE MONTALENTI

BELLAIRS, A. D'A. and COX, C. B.

Morphology and Biology of Reptiles

Series: Linnean Society Symposium Series, Vol. 3
Academic Press, London, 1976
xx+290 pp., figs. and tables, £ 14.50

I rettili sono una classe di vertebrati particolarmente interessante perché hanno posizione intermedia verso i pesci e gli anfibi da un lato e verso gli uccelli e i mammiferi dall'altro. Essi ebbero periodi di grande sviluppo in epoche geologiche passate, particolarmente nell'era mesozoica in cui conquistarono il dominio non soltanto delle terre emerse, ma anche dell'acqua e dell'aria. Molti gruppi di rettili si sono poi estinti; le specie oggi viventi sono circa 6000, e la loro importanza si è attenuata nell'attuale sistema ecologico, in cui dominano uccelli e mammiferi.

La Linnean Society di Londra ha convocato un colloquio sulla morfologia e la biologia dei rettili viventi e fossili. Vi hanno partecipato 14 studiosi delle seguenti nazionalità: inglese, statunitense, francese, tedesca. Sono state presentate altrettante relazioni, che coprono non certo tutta la problematica di questa classe, ma alcuni degli argomenti più interessanti. Fra questi citiamo, lo sfruttamento dell'ambiente terrestre da parte dei tetrapodi primitivi; l'*Archaeopteryx* e l'origine degli uccelli; la coevoluzione dei rettili e delle angiosperme; la termoregolazione, il metabolismo e il comportamento sociale nei Lacertidi; l'adattamento dei rettili al freddo.

Reptiles are a particularly interesting class of vertebrates because they occupy an intermediate position between fish and amphibians on the one hand and birds and mammals on the other. They went through a phase of great development in former geological eras, in particular in the Mesozoic era when they exerted their power not only over the lands that had emerged, but also over water and air. Many groups of reptiles later became extinct; the species in existence today number about 6000, and their importance has lessened in the current ecological system dominated by birds and mammals.

The Linnean Society of London organized a round table on the morphology and biology of living and fossil reptiles. Fourteen scholars of the following nationalities took part into it: English, American, French, German. The fourteen papers admittedly do not cover all the questions concerning this class, but they do deal with some of the most interesting ones. Among these we cite: The Exploitation of Land by Early Tetrapodes; Archaeopteryx and the Origin of Birds; Angiosperm-Reptile Co-evolution; Thermoregulation, Metabolism and Social Behaviour in Lacertidae; Adaptation of Reptiles to Cold.

GIUSEPPE MONTALENTI

ZWEERS, G. A., GERRITSEN, A. F. CH., and VAN KRANENBURG VOOGD, P. J.

Mechanics of Feeding of the Mallard

(Anas platyrhynchos L.; Aves Anseriformes)

Series: Contributions to Vertebrate Evolution, Vol. 3, S. Karger, Basel, 1977
VII+109 pp., figs. and tables, SFr. 51.—

Questo studio fa parte di una serie di lavori intesi a spiegare il funzionamento dell'apparato per la presa dell'alimento negli Anseriformi. È una indagine estremamente accurata e analitica eseguita con vari metodi (dissezione e tecniche macro e microscopiche, radiografie, miografia, cinematografia, ecc.) della anatomia e della fisiologia del becco, della lingua, dell'apparato mandibolare e organi connessi del germano reale, allo scopo di spiegare come avviene l'assunzione dell'alimento mediante filtrazione dell'acqua attraverso le lamelle disposte sui lati del becco.
È una ricerca di morfologia funzionale, che può assumere un interesse dal punto di vista evolutivo, se inserita — come si propongono gli autori — nel quadro comparativo con altre specie di anseriformi.

This study is one of a series of works that aim to describe the functioning of the food intake apparatus in Anseriformes. It is an extremely painstaking and analytic investigation, carried out with a variety of methods (dissection and macro - and microscopic techniques, radiographies, miographies, cinematography, etc.), of the anatomy and physiology of the beak, of the tongue, of the mandibular apparatus and other related organs of the mallard. The purpose of this work is to explain how the intake of food is carried out by the filtering of water through the blades situated on the sides of the beak.
As an instance of research on functional morphology, this work can be of interest from an evolutionary point of view if, following the authors' intention, it is viewed in the framework of comparative studies of other species of anseriforms.

GIUSEPPE MONTALENTI

ZETTLER, F. and WEILER, R. (eds.)

Neural Principles in Vision

Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1977
x + 430 pp., figs. and tables, DM 96,—

Questo volume è il risultato di un simposio tenutosi all'Università di Monaco di Baviera nel 1975. Esso riassume i risultati dell'analisi fisiologica e delle ricerche anatomiche sul sistema visivo dei vertebrati, degli artropodi e dei molluschi, e riflette dunque lo stato attuale della neurofisiologia. I contributi sono intenzionalmente limitati agli strati

This volume is the result of a symposium held at Munich University in 1975. It summarizes the results of physiological analysis and anatomical studies on the visual apparatus of the vertebrates and of the arthropods and molluscs and it therefore reflects the present state of neurophysiology. The contributions are intentionally confined to

più periferici del sistema visivo. È di particolare importanza per chi lavora nel campo della neurobiologia, neuroanatomia, fisiologia sensoriale ed oftalmologia.
Ci piacerebbe dire, in poche parole, 'che cosa di nuovo' è emerso da questo congresso, ma ci troviamo nell'impossibilità di farlo a causa della mole di materiale proposto al lettore.

Nell'intenzione degli organizzatori, questo incontro doveva facilitare il colloquio fra chi, negli ultimi dieci anni, ha dedicato le sue energie allo studio degli strati più periferici della retina. Non sappiamo sino a che punto il colloquio è stato avviato, e sino a che punto ciascuno ha 'monologato'. Diversi gli animali trattati, diversi gli indici di risposta presi in considerazione. Significativo il fatto che la prefazione sia storica, e manchi un contributo di 'condensazione' finale. Manca, forse, proprio perché non lo si può fare.

Trenta anni fa, quando, personalmente, cominciammo ad occuparci della Fisiologia della Visione, si parlava di impulsi elettrici, in circuiti retinici schematizzati, dedotti in parte dalle osservazioni microscopiche, in parte da ipotesi. Le famose 'inibizioni' dei coni sui bastoncini, le proprietà di sommazione spaziale, erano intuite, ed affidate al ruolo delle cellule orizzontali, delle amacrine, ecc.
Oggi, in volumi del tipo di quello di cui ci stiamo occupando, vediamo, praticamente in ogni pagina, delle microfotografie di singole cellule, accompagnate dal loro indice di risposta, senza pretesa iconografica, ma come ovvio e scontato materiale di studio.

Dopo il 1960, ci si rese conto che il progresso tecnico era giunto ad un punto tale da consigliare di smetterla con le ipotesi e gli schemi ipotetici. Nei vari laboratori furono creati gruppi di studio, ai quali venivano affidati compiti ben precisi. Nell'ultimo decennio abbiamo assistito alla loro produzione scientifica, presentata nei congressi sulla visione. È tuttavia troppo presto per poter utilizzare quei risultati in sede psicofisica o di studio del comportamento.

the more peripheral layers of the visual apparatus and the volume is of particular importance for anyone working in the field of neuro - biology, neuro - anatomy, sensorial physiology and ophthalmology.
We should like to say, in a few words, that 'something new' emerged from this symposium, but we cannot do so, on account of the vast quantity of material offered to the reader.
The organisers intended that the meeting should facilitate exchange of ideas between those who, during the last ten years, have devoted their energies to the study of the more peripheral layers of the retina. We do not know to what extent this exchange of ideas was achieved or to what extent each speaker presented a 'monologue'. Various different animals are discussed and various responses are considered. Of significance is the fact that the preface is a historical one and that there is no final contribution that sums up the symposium. Perhaps there is none for the very reason that none is possible.
Thirty years ago, when we began to study the Physiology of Vision, one spoke of electrical impulses, in schematicised retinal circuits, partly deduced from observations under the microscope and partly from hypothesis. The famous 'inhibitions' of the cones on the rods and the properties of spatial summation were deduced by intuition and entrusted to the role of horizontal cells, amacrines, etc.
Today, in volumes of the type of this present work, we see, on practically every page, microphotographs of single cells, accompanied by their index of response, without any claims as illustration but as obvious material for study, taken as a matter of course.
After 1960 one became aware that technical progress had reached a point such that it was advisable to have nothing more to do with hypotheses and hypothetical schemes. Study groups, to which very precise tasks were allotted, were created in the various laboratories. In the last decade we have witnessed the scientific products of these groups, presented in congresses on vision. However, it is too early to be able to transfer

Nel 1975 si è cercato, come sopra si è detto, di stabilire il colloquio fra questi specialisti. Si sono intraviste le possibilità di sviluppare ulteriormente certi indirizzi, come, per esempio, quello riguardante l'effetto di radiazioni monocromatiche che ha il suo primo sfocio nella visione dei colori. Si è vista la codifica dell'intensità e, diciamo, del 'colore' al livello delle prime sinapsi. Il 'processo' visivo è imbrigliato, ma ancora rimane molto da fare, per comprendere quando tante cellule lavorano insieme e si scambiano le proprie esperienze.

these results in the field of psychophysics or of the study of behaviour.
In 1975, as has been said above, there was an attempt to establish an exchange of ideas among these specialists. The possibilities were glimpsed of developing certain lines of research further; one of these, for example, was that regarding the effect of monochromatic radiations, which has its primary outlet in colour vision. We also saw a coding of intensity and, shall we say, of 'colour' at the level of the first synapses. The visual 'process' is harnessed, but there still remains much to be done in order to understand when so many cells work together and exchange their own experiences.

LUCIA ROSITANI RONCHI

JOHNSTON, R. (ed.)

Marine Pollution

Academic Press, London, 1976
XIV+729 pp., figs. and tables, £ 23.40

L'inquinamento marino è stato definito dal GESAMP (United Nations Working Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) come: « L'introduzione da parte dell'uomo, direttamente o indirettamente, di sostanze o energia nell'ambiente marino (inclusi gli estuari) in modo tale da provocare effetti deleteri, quali danno alle risorse viventi, rischio per la salute umana, impedimento alle attività in mare, inclusa la pesca, deterioramento della qualità per altri usi delle acque e riduzione delle attrattive dell'ambiente ».
I molteplici aspetti e problemi dell'inquinamento del mare vengono esaminati nel volume recensito, edito a cura di R. Johnston. Il libro è il frutto del lavoro di un gruppo di esperti nei vari settori ed è costituito da quattro parti che hanno per titolo: 1) Meccanismi dell'inquinamento marino; 2) Argomenti di inquinamento marino; 3) Metodi di misura della risposta biologica; 4) Aspetti

Marine pollution has been defined by the GESAMP (United Nations Working Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) as: « The introduction by man, directly or indirectly, of substances or energy into the marine environment (including estuaries) resulting in such deleterious effects, as harm to living resources, hazard to human health, hindrance to marine activities, including fishing, impairment in quality for use of seawater and reduction of amenities ».
The multiple aspects and problems of marine pollution are discussed in the present volume, edited by R. Johnston.
The volume is the result of the work of a group of experts in the various sectors and falls into four parts, entitled respectively: 1) Mechanisms in marine pollution; 2) Topics in marine pollution; 3) Measurements of the biological response; 4) Legal aspects in marine pollution.

legali relativi al controllo dell'inquinamento marino.
La seconda parte è a sua volta suddivisa in cinque capitoli che prendono in considerazione singoli soggetti.
Complessivamente questo testo si può considerare come una rassegna ricca di informazioni e sufficientemente ampia e articolata, diretta a persone che abbiano almeno una conoscenza di base nelle discipline trattate. Come spesso accade in libri di tipo interdisciplinare e con capitoli prodotti da diversi autori, vi sono però notevoli differenze nel modo di esporre gli argomenti, nello stile e in alcuni casi anche nella qualità fra i vari contributi. La prima parte, che potrebbe da sola costituire un testo, è una rapida panoramica sui meccanismi dell'inquinamento, sulle vie d'accesso al mare dei contaminanti e sulle sostanze chimiche che possono alterare la qualità delle acque, inducendo così danni alle varie componenti dell'ecosistema marino. A questo proposito una particolare attenzione viene posta verso gli organismi di interesse commerciale.
Il capitolo, che viene esposto chiaramente ed è corredato di molti esempi, permette di capire come, anche analizzando i problemi relativi all'inquinamento marino in modo scientificamente fondato, si possa arrivare a far emergere i due poli opposti della questione: da una parte l'insistenza sulla possibilità di una catastrofe per il genere umano, all'altro estremo la affermazione di scarsi effetti ed in punti ben localizzati. Nella seconda parte del volume sarà spesso possibile ritrovare al di là dei dati scientifici l'una o l'altra posizione.
Fra gli « Argomenti di inquinamento marino » si ritrova una lunga e documentata discussione sui problemi relativi alla contaminazione da metalli pesanti. In effetti l'eccesso di informazioni e di citazioni rende l'esposizione relativamente acritica, e non sempre permette al lettore di farsi un'idea della situazione in materia, dei cicli biogeochimici dei metalli e della reale importanza degli eventuali pericoli. Al contrario, più sintetico e didascalico, ma capace di focalizzare anche i limiti delle conoscenze scien-

The second part is, in turn, divided into five chapters, dealing with the various single topics.
Taken as a whole, the text may be considered as a survey, abounding in information and fairly extensive and well arranged, intended for those having at least some basic knowledge of the disciplines covered. As it often happens in books of an interdisciplinary type, with chapters written by different authors, there are considerable differences in the manner of presenting the various topics, as well as in the style and, in some cases, even in the quality of the contributions.
The first part, which could constitute a text on its own, is a rapid survey of the mechanisms of pollution, the ways by which the contaminating substances reach the sea, and the chemicals that can impair the quality of the waters, thus damaging the various components of the marine ecosystem. In this respect, particular attention is given to organisms of commercial interest.
The chapter, which is clearly written and accompanied by many examples, enables the reader to understand how, even through a scientific analysis of the problems of marine pollution, it is possible to arrive at a point where the two opposite poles of the question emerge: on the one hand, the insistence on the possibility of a catastrophe for the human race; on the other hand, the achievement of limited effects, at precisely localised points. In the second part of the volume, it will often be possible to find one or other of these attitudes, beyond the scientific data.
The section devoted to « Topics relating to marine pollution » contains an extensive and well-documented discussion on the problems relative to contamination from heavy metals. In effect, the excess of information and quotations makes the account relatively acritical, and it does not always enable the reader to get an idea of the situation in question, of the bio-geochemical cycles of metals and of the real importance of the possible dangers. On the other hand, the chapter on the influence of the discharge

tifiche in materia, è il capitolo sulle influenze degli scarichi urbani in mare. Come peraltro spesso accade nel corso di tutto il volume scritto da autori del Regno Unito, quando, tra gli altri argomenti, viene sviluppato un esempio, si prende il Mare del Nord come punto di riferimento.

I temi « Inquinamento da idrocarburi; Uccelli marini e contaminazione ambientale » sono svolti con competenza secondo una coerente logica espositiva; dimostrano però i due opposti poli di cui veniva fatta menzione in precedenza. Particolarmente l'articolo di E. B. Cowell tende continuamente a minimizzare i rischi dell'inquinamento da petrolio, senza però mai citare la zone di ombra e i problemi scientifici ancora irrisolti; basti menzionare quelli relativi alla influenza sulla salute umana attraverso l'assunzione di alimenti contaminati, oppure quelli relativi alla scarsità di conoscenze che si hanno in materia degli effetti degli idrocarburi sui processi chimici e fisici degli oceani (riscaldamento, trasparenza, permeabilità ai gas, tensione superficiale, ecc.).

Considerazione a parte merita il capitolo sulla dispersione negli estuari e nelle acque costiere, che consiste in una rassegna di semplici metodi per la previsione della diffusione degli scarichi a mare in diverse condizioni idrologiche e che può costituire una utile introduzione all'argomento per i non esperti nella materia.

La valutazione della risposta biologica alla tossicità ed i problemi relativi alla stima della qualità sono fra i più complessi temi legati all'inquinamento. La trattazione che ne viene fatta da E. J. Perkins può essere sufficiente a dare un'idea della complessità dei compiti assegnati a ecologi e biologi marini. Si presenta infatti relativamente più facile stabilire l'entità dei carichi cui è soggetto un corpo idrico piuttosto che non prevedere le conseguenze sull'ambiente per il mutato livello di una sostanza data; oppure definire quale sia il livello massimo accettabile di un contaminante.

Più superficiale ed affrettata è invece la parte del paragrafo dedicato alla valutazione della qualità dell'acque per la vita acqua-

of urban waste into the sea is more synthetical and concise, though it succeeds in embracing and defining the limits of scientific knowledge on the subject. However, as so often happens throughout a volume written by authors in the United Kingdom, when an example is required for any particular subject, it is always the North Sea that is taken as a reference point.

The subjects of « Pollution from hydrocarbons; Sea-birds and environmental contamination » are discussed in an authoritative manner, with a consistent and logical approach; however, they demonstrate the two opposite poles mentioned above. In particular, the article by E. B. Cowell continually tends to minimise the risks of oil pollution, though without ever mentioning the areas of uncertainty and the still unsolved scientific problems; it is sufficient to quote those relative to the influence upon human health through the consumption of contaminated foodstuffs, or those relative to our lack of knowledge of the effects of hydrocarbons on the chemical and physical processes of the oceans (heating, transparency, permeability to gases, surface tension, etc.).

Particular mention should be made of the chapter on dispersion in estuaries and coastal waters, which consists of a survey of simple methods for forecasting the diffusion of waste products in the sea in various hydrological conditions and can constitute a useful introduction to the subject for non-experts in the topic.

The assessment of the biological response to toxicity and the problems relative to the estimation of quality are among the more complex themes connected with pollution. The article by E. J. Perkins may suffice to give an idea of the complexity of the tasks assigned to marine biologists and ecologists. In fact, it is relatively easier to establish the extent of the discharges to which a volume of water is subjected than to foresee the consequences on the environment due to the changed level of a given substance, or to define the acceptable maximum level of a contaminating substance.

More superficial and hasty, however, is that

tica, riguardante i criteri di accettabilità per gli usuali parametri ambientali e le raccomandazioni a proposito delle sostanze tossiche.
Chiude il libro un capitolo riguardante gli aspetti legali relativi al controllo dell'inquinamento marino. Al di là di un giudizio, senz'altro positivo, sullo scritto in sé, è cosa degna di nota il fatto che l'interdisciplinarietà non si sia fermata alle scienze naturali, ma abbia coinvolto anche l'aspetto relativo alle legislazioni ed alle convenzioni internazionali, essendo l'inquinamento un fenomeno in cui le implicazioni sociali, politiche ed economiche hanno grande rilevanza.
In questo capitolo molto ben redatto da G. Moore vengono esaminati principi legislativi per un controllo a livello internazionale, vengono descritte le convenzioni internazionali sui vari aspetti dell'inquinamento: International Convention for the Prevention of Pollution of the Seas by Oil, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter ecc. ed infine vengono discusse le regolamentazioni degli interventi per i casi di inquinamento accidentale.
Segue l'esposizione degli sviluppi delle convenzioni internazionali per il controllo dell'inquinamento in situazioni regionali attraverso particolari protocolli, vedi ad esempio le convenzioni fra gli Stati del Mar Baltico e fra quelli prospicenti il Mar Mediterraneo.
L'importanza di controlli anche a livello nazionale viene sottolineata per mezzo dell'analisi delle legislazioni del Regno Unito e degli Stati Uniti d'America.
In appendice al volume sono inoltre riportati una selezione critica di libri sull'argomento e un indice dei soggetti.

part of the section devoted to the assessment of the quality of waters for aquatic life, regarding the criteria of acceptability for the usual environmental parameters and the recommendations regarding toxic substances.
The concluding chapter of the volume concerns the legal aspects relative to the control of marine pollution. Apart from any opinion — certainly a positive one — on the chapter in itself, it is worth noting that the interdisciplinary nature of the text has not stopped short at the natural sciences but has also involved the aspect relative to legislation and the international conventions, since pollution is a phenomenon in which the social, political and economic implications are of great importance.
In this well-edited chapter, G. Moore discusses legislative principles for control at international level and describes the international conventions on the various aspects of pollution: International Convention of Pollution of the Seas by Oil, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and other Matter, etc., and finally he discusses the regulations governing intervention in case of accidental pollution.
There follows an account of the developments of international conventions for the control of pollution in regional situations through particular protocols: for example, the conventions between the countries round the Baltic Sea and between those on the Mediterranean. The importance of controls also at national level is emphasized through an analysis of the legislation in the United Kingdom and in the United States.
An appendix contains a critical selection of books on marine pollution, as well as a subject index.

DAVIDE CALAMARI

BOUGIS, P. (ed.)

Océanographie biologique appliquée

L'exploitation de la vie marine
Series: Maitrises de Biologie
Masson, Paris, 1976
XII+320 pp., figs. and tables, No price stated

Si tratta di un'opera che espone, secondo il titolo, i problemi dell'oceanografia biologica applicata; la sua caratteristica principale è di essere scientificamente precisa e fondata, anche se presentata dagli autori come opera di diffusione.
Il libro espone sia una analisi degli studi fondamentali che un esame delle applicazioni nel campo dello sfruttamento delle risorse marine. E, come è noto, il reperimento e la produzione di proteine alimentari sono argomenti di grande attualità in una terra sempre più povera di risorse e con la popolazione umana in crescita esponenziale.
I due punti citati sono articolati in grandi temi che corrispondono a tre capitoli principali: *a*) lo sfruttamento della produzione marina; *b*) la gestione della produzione marina; *c*) l'acquacultura marina. Un quarto capitolo, più sommariamente trattato, riguarda i problemi relativi alle incrostazioni marine, il *fouling*, che danneggiano e riducono le efficienze di attività nelle navi, negli attrezzi da pesca, nelle strutture per allevamenti ed in altri manufatti.
Il primo capitolo descrive la biologia delle specie fino ad ora utilizzate dall'uomo negli ecosistemi marini, purtroppo un numero relativamente ridotto rispetto alle complesse strutture dell'ecosistema considerato.
La rassegna è sintetica ma ampia, poiché prende in considerazione tutta una serie di organismi che vanno dalle alghe brune e rosse attraverso varie specie di molluschi e crostacei, alle molte famiglie di pesci fino ai grandi mammiferi marini.
Le informazioni riportate non sono di tipo strettamente biologico, poiché si considera il fatto che l'uomo si introduce nell'ecosistema marino come un predatore supplementare

As may be seen from the title, this volume gives an account of the problems of applied biological oceanography; its main characteristic is to be scientifically precise and well-documented, even if presented by the authors as a work for the general public.
It offers both an analysis of fundamental studies and a discussion of the applications in the field of the exploitation of marine resources. As is well known, the discovery and production of food proteins are topics of considerable current importance in a world that is increasingly poor in resources, where the human population is increasing esponentially.
The two above-mentioned aspects are treated as belonging to certain broad themes that correspond to three main chapters: *a*) the exploitation of marine production; *b*) the handling of marine production; *c*) marine aquaculture. A fourth chapter, treated more summarily, concerns the problems relative to marine incrustations, the fouling, which impair and reduce the efficiency of activity of ships, fishing tackle, structures for fish-breeding and other manufactured articles.
The first chapter describes the biology of the various species so far used by man in marine ecosystems, unfortunately a relatively small number compared with the complex structures of the ecosystem considered.
The survey is synthetical but extensive, since it takes into consideration a whole series of organisms ranging from brown and red algae, through various species of molluscs and crustaceans, to the many families of fish and the great sea mammals.
The information presented is not of a strictly biological type, since it is considered that man enters into the marine ecosystem as a

con caratteristiche particolari. Infatti oltre a notizie di tipo biologico-ecologico, quali area di distribuzione, ruolo e posizione nelle catene trofiche, cicli biologici (dimensioni, crescita, riproduzione e migrazioni), sono sempre riportate le tecniche di pesca, la quantità di pescato negli anni ed infine le notizie sul valore commerciale delle specie considerate.

Il problema della gestione della produzione marina costituisce l'argomento del secondo capitolo in cui si discute con rara capacità di sintesi se sia possibile attraverso l'aiuto di conoscenze biologiche, di teorie matematiche ed infine, sul piano prospettico, attraverso la capacità dell'uomo di fare politica (ad esempio con trattati internazionali), se sia possibile, dicevamo, la costruzione di una teoria scientifica della pesca che potrebbe permettere di sostituire alla pratica empirica dello sfruttamento sfrenato una condotta razionale nella utilizzazione delle risorse.

Non vengono però taciuti, né minimizzati, al fine del raggiungimento di un obbiettivo pratico, i limiti insiti nella scarsa conoscenza scientifica dei problemi, nelle inadeguate tecniche di pesca e infine nei sistemi economici che condizionano l'uso delle risorse marine.

Si discutono fondamentalmente tre punti: 1) la dinamica delle popolazioni sottoposte a sfruttamento, dando sintetiche definizioni dei principali parametri da prendere in considerazione ed esponendo concisamente i due più importanti modelli matematici utilizzati fino ad ora, quello analitico della scuola inglese (Fisheries Laboratory, Lowestoft, U.K.) e quello logistico della scuola americana (Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, U.S.A.), meno esigente; 2) una visione d'insieme della produzione piscicola, considerando lo sviluppo della pesca nel mondo, la ripartizione delle industrie, la natura e la distribuzione delle risorse e i problemi giuridici e politici relativi alla gestione ed al controllo della pesca (sviluppatisi soprattutto in seguito a gravi fenomeni di impoverimento di alcuni '*stocks*' per l'"*overfishing*', e cioè eccessi ed errori

supplementary predator with particular characteristics. In fact, in addition to information of a bio-ecological type, such as area of distribution, role and position in the trophic chains and biological cycles (dimensions, growth, reproduction and migrations), reference is continually made to fishing techniques, quantities of catch over the years and facts regarding the commercial value of the species considered.

The problem of the handling of marine production constitutes the subject of the second chapter, in which the writer discusses, with exceptional skill in synthesis, whether it is possible — through the aid of biological knowledge, mathematical theories and (on the prospective level) man's ability to create the relevant policies (for example, through international treaties) — to build up a scientific theory of fishing that might enable the empirical practice of uncontrolled exploitation to be replaced by rational conduct in the utilisation of marine resources.

However, the authors neither ignore or minimise, in the intention of achieving a practical objective, the limits inherent in the scanty scientific knowledge of the problems, in inadequate fishing techniques and in the economic systems that condition the use of marine resources.

Fundamentally, three points are discussed: 1) the dynamics of populations subjected to exploitation, giving definitions of the main parameters to be considered and a concise account of the two more important mathematical models used so far: the analytical model of the English school (Fisheries Laboratory, Lowestoft, U.K.) and the logistic model of the American school (Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, U.S.A.), which is less demanding; 2) an overall survey of fisheries production, considering the development of fishing throughout the world, the distribution of fishing industries, the nature and distribution of the resources and the legal and political problems relative to the handling and control of fishing, developed above all as a result of serious phenomena of depletion of certain stocks

nello sfruttamento. Particolarmente grave e noto è il caso dei grandi mammiferi marini di cui alcune specie sono ormai in via di estinzione); 3) le prospettive di sviluppo della pesca mondiale, esaminando la consistenza potenziale delle risorse e la valorizzazione di nuove fonti (ad esempio il *krill*, un crostaceo antartico ad enorme potenziale riproduttivo, fino ad ora cibo tradizionale di balene), i problemi economici (pesca artigianale, sfruttamento collettivo di determinate aree, ecc.) e quelli legati al Diritto del Mare e ad una migliore utilizzazione delle risorse degli Oceani.

Il capitolo sull'acquacultura è costituito da una introduzione generale, seguita da una rassegna delle specie coltivate in cui si illustrano sommariamente cicli biologici, tecniche di allevamento e produzione.
Ampi riferimenti vengono fatti ad alcune difficoltà, oggi temi di ricerca avanzata, per produrre in modo economicamente conveniente certi animali marini da 'uovo a uovo', come da tempo accade nell'acquacultura d'acqua dolce. Come per i capitoli precedenti si chiude con una discussione sul contributo dell'acquacultura alle risorse marine mondiali e sugli orientamenti e le prospettive future.
In sintesi si può affermare che il libro in questione è di agevole lettura, riporta molte interessanti notizie e permette notevoli possibilità di approfondimento attraverso una ricca ma selezionata bibliografia a coloro che fossero maggiormente interessati ai temi trattati.

through overfishing: i.e. excesses and errors in exploitation. Particularly serious is the well-known case of the great sea mammals, some species of which are by now becoming extinct; 3) the prospects of development of world fisheries, by examining the potential extent of the resources and the assessment of new sources (for example, the krill, an Antarctic crustacean having an enormous reproductive potential and so far the traditional food of whales), the economic problems (handicraft fisheries, the collective exploitation of particular areas, etc.) and those connected with Sea Law and an implemented utilisation of the resources of the oceans.
The chapter on aquaculture consists of a general introduction, followed by a survey of the species cultivated, in which the writer briefly describes biological cycles and techniques of breeding and production.
There is ample reference to certain difficulties — the subject of advanced research today — in producing in an economically convenient way certain marine animals from 'egg to egg', such it has been the case from long time in freshwater aquaculture. As with the previous chapters, this one closes with a discussion on the contribution made by aquaculture to world sea resources and on the trends and future prospects.
Summarizing it may be said that this volume is straightforward to read, offers much interesting information and enables the reader to increase his knowledge considerably through a wealth of carefully selected bibliography.

DAVIDE CALAMARI

EDWARDS, A. W. F.

Foundations of Mathematical Genetics

Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIII + 119 pp., tables, £ 5.80

È una esposizione dei principi matematici elementari della genetica di popolazioni. Lo autore afferma che « uno dei corollari inevitabili del fatto che la struttura della genetica matematica è stata creata da tre uomini di calibro eccezionale: R. A. Fisher, J. B. S. Haldane, e S. Wright, è stato che il piano terreno dell'edificio è scarsamente mobiliato. Essi ascesero rapidamente ai piani superiori, non sempre per la stessa scala. La presente esposizione si propone di ammobiliare il piano terreno ... ».

La materia è divisa in otto capitoli: Il modello genetico; Due alleli in un singolo locus; Due alleli con coordinate omogenee; Parecchi alleli in un sol *locus*; Il caso speciale di tre alleli; Un *locus* legato all'X; Vari modelli di singolo *locus*; Due *loci* diallelici. Segue un epilogo, in cui si riportano alcune considerazioni di O. Kempthorne, autore di *An Introduction to Genetic Statistics*. La bibliografia (ridotta all'essenziale) è distribuita per anno, cominciando dal 1866 (pubblicazione del saggio di Mendel) continuando con il 1908 (lavori di Hardy e Weinberg) e poi dal 1918 (prima pubblicazione di Fisher) fino al 1976.

Nonostante la elementarità del libro, dal punto di vista matematico, esso riuscirà ostico ai genetisti che non abbiano una certa dimestichezza con la matematica, anche perché manca ogni esemplificazione o riferimento sperimentale. Lo studio di questo piccolo libro è vivamente raccomandabile ai giovani che intendano dedicarsi alla genetica di popolazioni.

This is an exposition of the elementary mathematical principles of population genetics. The author asserts that « One of the inevitable corollaries of the fact that the structure of mathematical genetics was created by three men of exceptional caliber, R. A. Fisher, J. B. S. Haldane and S. Wright, has been that the ground floor of the edifice is scantly furnished. They ascended rapidly to the upper stories, not always by the same staircase. The present account seeks to furnish the groundfloor ... ».

The material is divided into eight chapters: The Genetic Model; Two Alleles at a Single Locus; Two Alleles Using Homogeneous Coordinates; Many Alleles at a Single Locus; The Special Case of Three Alleles; An X-Linked *Locus*; Miscellaneous Single-*Locus* Models; Two Diallelic *Loci*. There follows an epilogue which contains a few observations by O. Kempthorne, author of *An Introduction to Genetic Statistics*. The bibliography (reduced to essentials) is arranged by year, beginning with 1866 (publication of Mendel's paper), continuing with 1908 (works by Hardy and Weinberg) and then from 1918 (first publication by Fisher) up to 1976.

Despite the book's mathematical elementariness, it will prove hard reading for geneticists who lack familiarity with mathematics, especially in view of the absence of illustrative examples or experimental references. The study of this little book is warmly recommended to young students who wish to devote themselves to population genetics.

GIUSEPPE MONTALENTI

THOMPSON, E. A.

Human Evolutionary Trees

Cambridge University Press, London, 1975
VII+158 pp., figs. £ 4.25

Parecchi tentativi sono stati rivolti, negli anni recenti, alla ricerca di una metodologia atta a costruire, sulla base delle affinità e delle differenze che emergono dallo studio delle frequenze di vari geni, alberi genealogici di popolazioni umane, cioè a stabilire probabili linee di discendenza e probabili misure di affinità. In questo libro, l'autore, che è uno statistico con buona preparazione genetica riassume la problematica e i principali risultati finora ottenuti da questa indagine.
Nel primo capitolo si prospetta il problema collocandolo nel campo più generale dei problemi dell'inferenza in genetica delle popolazioni umane. Nel secondo si considera il modello probabilistico, e si esamina, dal punto di vista statistico, la sua attendibilità. Nei capitoli terzo e quarto si discute l'analisi matematica del modello. Nel quinto l'autore presenta i procedimenti da usare con il computer e riporta i risultati ottenuti su due gruppi di dati genetici, mentre nell'ultimo considera un insieme di problemi interconnessi a cui si può applicare il modello delle popolazioni che si evolvono indipendentemente, sotto l'azione della 'deriva genetica': il problema specifico è la stima delle proporzioni della miscela delle popolazioni celtiche-norvegesi che hanno costituito la popolazione che ha colonizzato l'Islanda.
La monografia è di particolare interesse per coloro che studiano la genetica di popolazione nell'uomo.

In recent years various attempts have been made to establish a methodology able to construct, on the basis of the affinities and the differences which emerge from the study of the frequences of various genes, genealogical trees of human populations: that is to say, able to discover probable lines of descent and probable degrees of affinity. The author of this book, a statistician with a good knowledge of genetics, gives an account of the problem area and the results of research obtained up to the present time. The first chapter places the problem within the wider context of inference in human population genetics. The second deals with the probabilistic model, examining, from the statistical view point, its usefulness. The third and fourth chapters contain a discussion of the mathematical analysis of the model. In the fifth the author explains the procedures to be used with a computer, giving the results obtained on two different groups of genetic data, while in the last chapter he examines a series of interconnected problems to which the model of populations which evolve independently, under the action of 'genetic drift', can be applied: the specific problem is that of the estimation of the proportions of the mixture of the Celtic and Norwegian populations which colonized Iceland. This monograph should be of particular interest for those who study the genetics of human populations.

GIUSEPPE MONTALENTI

SALZANO, F.M. (ed.)

The Role of Natural Selection in Human Evolution

North-Holland, Amsterdam/American Elsevier, New York, 1975
XIII+439 pp., tables, $ 46.95

Le parole finali di questo testo — « finché siamo ancora in tempo » —, pervadono più o meno esplicitamente molti dei contributi in esso contenuti.
In effetti i 22 capitoli, che corrispondono ad altrettanti interventi ad un congresso tenutosi in Austria nel 1974, illustrano con sufficiente chiarezza i tre problemi principali che sono attualmente al centro delle varie ipotesi sull'importanza della selezione naturale nella evoluzione della nostra specie. Innanzitutto la imprevista ricchezza della variabilità del nostro materiale ereditario, dal livello molecolare a quello della struttura fine dei cromosomi, secondariamente la mancanza di un coerente quadro teorico interpretativo ed infine, e di qui soprattutto l'urgenza, la consapevolezza che con gli attuali ritmi di evoluzione culturale si viene ad interferire senza dubbio nel meccanismo della nostra evoluzione biologica con conseguenze in gran parte imprevedibili. Al di là di facili pessimismi od ottimismi, questo testo tenta una messa a punto del problema nel modo più interdisciplinare possibile, dalla biologia molecolare alla paleoantropologia, dalla genetica di popolazioni alla citogenetica, dalla medicina alla antropologia fisica.
Nei capitoli iniziali si affronta la questione della variabilità a livello di strutture molecolari, la cui estensione ha fatto comprendere la assoluta unicità biochimica di ogni essere umano, non solo tra quelli esistenti, ma anche tra i vissuti e con ogni probabilità anche tra coloro che debbono ancora venire. Un punto di particolare interesse è la non uniforme distribuzione di questa variabilità tra le varie strutture biochimiche che compongono il nostro corpo. In effetti si è dimostrata una plasticità molto

The concluding words of this volume — « *while there is still time* » — constitute a theme that pervades, more or less explicitly, many of the chapters. These run to 22 in number, corresponding to as many contributions to a congress held in Austria in 1974, and they illustrate fairly clearly the three main problems that lie at the root of the various present-day hypotheses on the importance of natural selection in the evolution of our species. First of all, the unforeseen amount of variability in our hereditary material, from the molecular level to that of the fine structure of the chromosomes; secondly, the lack of a consistent theoretical pattern of interpretation; and thirdly, — and here, above all, lies the urgency — the awareness that, with the present rates of cultural evolution, there will certainly be interference with the mechanism of our biological evolution, with consequences that are largely unforeseeable. Beyond any facile displays of pessimism or optimism, the volume attempts to assess the problem in the most interdisciplinary way possible, from molecular biology to paleo-anthropology, from population genetics to cytogenetics, and from medicine to physical anthropology.
The initial chapters deal with the question of variability at the level of molecular structures, the extension of which had led to an understanding of the absolute biochemical uniqueness of every human being, not only among those existing at present, but also among those that have lived in the past, and, in all probability, also among those that are still to come. One point of particular interest is the non-uniform distribution of this variability among the various biochemical structures that make up

diversa, da molecole che sono in pratica identiche in tutti gli esseri viventi o comunque all'interno della nostra specie a molecole che presentano invece una variabilità grande anche tra specie molto simili; ma oltre a questa è risultata rilevante anche la variabilità esistente all'interno di una stessa specie, pur trattandosi spesso di modificazioni che sono tra le più piccole ipotizzabili (le singole sostituzioni amino-acidiche).

È proprio la imprevista estensione di questa variabilità che ha messo in crisi i relativamente semplicistici modelli interpretativi approntati nei primi decenni del nostro secolo dai genetisti di popolazioni; in effetti una interpretazione prevalentemente selezionista, per così dire, della variabilità esistente, conduce presto a livelli troppo ridotti di idoneità biologica media di una specie. Di qui il nascere di una interpretazione prevalentemente neutralista, la quale attribuisce soprattutto al caso l'andamento dell'evoluzione biologica. Questo è il nodo da cui nasce la suaccennata mancanza di un quadro teorico univoco di riferimento per la intepretazione della enorme quantità di informazioni ormai a disposizione.

Rimane fuori di dubbio che in alcuni casi la dimostrazione di un vantaggio selettivo associato a particolari genotipi si può ritenere più o meno completamente acquisita ed un'ampia sezione del testo illustra appunto in dettaglio i casi delle emoglobine patologiche, delle enzimopenie, dei sintemi di gruppi sanguigni e dei geni per la istocompatibilità.

Il terzo polo si cui si articola il testo riguarda il ruolo della nostra evoluzione culturale in riferimento a quella biologica: essa ha agito e agisce sicuramente, ma proprio le carenze teoriche di cui si diceva impedisce l'affermazione di previsioni certe; ciò che è sicuro riguarda i profondi mutamenti nei due parametri rilevanti per la selezione naturale: mortalità e fertilità. La prima, soprattutto nella sua quota più significativa che è quella del periodo preriproduttivo, si è ridotta drasticamente ovunque ed in particolare nelle società industrializzate. La

our body. In effect, a highly diverse plasticity may be seen, from molecules that are in practice identical in all living beings, or at least within our own species, to molecules that reveal considerable variability, even between very similar species. But in addition to this there is found to be great variability also within one and the same species, even though there are often modifications that are among the smallest conceivable (the single amino-acid substitutions). It is precisely the unforeseen extension of this variability that has upset the relatively simplicistic interpretative models formulated during the first few decades of this century by population geneticists; in effect, a prevalently selectionistic interpretation — if one may call it such — of the existing variability soon leads to excessively restricted levels of average biological fitness of a species. Hence the creation of a prevalently neutralistic interpretation, which ascribes the course of biological evolution mainly to chance. This is the problem from which arises the above-mentioned lack of a univocal theoretical pattern of reference for the interpretation of the enormous quantity of information now available.

It is beyond doubt that in some cases the demonstration of a selective advantage associated with particular genotypes may be considered more or less completely acquired, and a large part of the volume, in fact, illustrates in detail cases of pathological hemoglobins, enzymatic deficiencies, systems of blood groups and genes for histocompatibility.

The third line of argument covered by the text concerns the role of our cultural evolution with reference to our biological evolution: it has acted and still acts in a sure manner, but it is precisely the theoretical deficiences of which we have spoken that prevent the assertion of sure forecasts; that which is sure concerns the profound changes in the two parameters relevant for natural selection: mortality and fertility. The former, above all in its most significant part, which is that of the pre-reproductive period, is drastically reduced particularly

seconda anche si è ridotta, ma soprattutto tende a ridursi la sua variabilità tra famiglie con l'affermarsi progressivo di un ideale riproduttivo 'malthusiano' standard. L'uno e l'altro fenomeno possono ipoteticamente comportare un allentamento della pressione selettiva, ma quanto ciò possa alla lunga risultare dannoso per la specie è solo oggetto di speculazioni. Su questo problema, urgente da risolvere, si chiude il testo in cui genetisti, demografi e antropologi cercano di fornire una base solida e documentata di discussione.

in industrialised societies. The latter is also reduced, but its variability especially tends to decrease among families with the progressive affirmation of a standard 'Malthusian' reproductive ideal.
Both of these phenomena can, in theory, involve a relaxation of selective pressure, but how far this may prove harmful for the species in the long run can only be a matter of speculation. It is this problem, and the urgency of its solution, that closes he present volume, in which geneticists, demographers and anthropologists seek to provide a solid and documented basis for discussion.

LUCIANO TERRENATO

HOOK, E. B. and PORTER, I. H. (eds.)

Population Cytogenetics

Studies in Humans
Academic Press, New York, 1977
XIV+374 pp., figs. and tables, $ 17.50

Come tanti altri settori specialistici della Genetica, che hanno avuto nell'ultimo dopoguerra uno sviluppo esplosivo, anche la Citogenetica umana può guardare con soddisfazione alle sue spalle e chiedersi con grande consapevolezza come procedere per il futuro.
Sono in realtà passati poco più di venti anni da quando nel 1956 si è raggiunto un accordo definitivo sul numero di cromosomi umani e da allora, a partire dalla sindrome di Down nel 1959, numerose sono state le condizioni patologiche della nostra specie che si sono dimostrate associate ad alterazioni del cariotipo.
La numerosità e la variabilità di queste ha reso ben presto pressante la necessità di una estesa conoscenza della loro distribuzione nella nostra specie ed in questo modo si è venuto strutturando progressivamente il promettente settore della Genetica di Popolazioni umane che utilizza marcatori ci-

Like so many other specialistic sectors of Genetics that developed suddenly and precipitously in the second postwar period, also human Cytogenetics can look back with satisfaction and show great awareness of its prospects for the future.
In actual fact, barely twenty years have passed since definite agreement was reached (in 1956) on the number of human chromosomes, and since then, starting with Down's syndrome in 1959, it has been found that there are numerous pathological conditions that are connected with alterations in the karyotype.
The considerable number and variety of these conditions has very quickly made it a matter of urgency to extend our knowledge of their distribution in the human species, and so it comes about that there has been a progressive development in the promising sector of human Population Genetics, which uses cytological markers. This re-

tologici; ricerca resa ancora più ricca e articolata dalle più recenti tecniche di analisi delle bande cromosomiche che consente un esame molto più analitico della complessa struttura del cromosoma.

Lo studio dell'incidenza delle anomalie e variazioni citogenetiche, delle loro conseguenze a livello fenotipico, della loro segregazione e delle loro cause, con particolare riferimento alla nostra specie, rappresenta appunto il contenuto del presente testo che raccoglie i contributi al sesto simposio annuale del *Birth Defects Institute* di Albany, New York, tenutosi nell'ottobre del 1975. Gli argomenti trattati coprono un vasto ambito di problemi, alcuni dei quali anche di immediato interesse applicativo; basti citare le ricerche che indicano come fino al 50% di aborti spontanei clinicamente riconoscibili presentano alterazioni cromosomiche, come queste aumentino di frequenza col crescere dell'età della madre, mentre non vengono influenzate dall'uso, anche prolungato, di contraccettivi orali; è ovvio come ciò possa essere di rilievo nella corretta identificazione delle gravidanze 'a rischio', per le quali può essere opportuna una amniocentesi per una diagnosi prenatale ai fini di un eventuale aborto terapeutico, evitando un uso indiscriminato nel quale gli svantaggi possono di gran lunga sopranzare i vantaggi.

Altro settore di grandissimo interesse è quello connesso alla associazione tra anomalie cromosomiche ed affezioni neoplastiche, del tipo ormai ben noto del cosiddetto cromosoma Philadelphia e leucemia mieloide cronica. E lungo questa strada le ben più analitiche ricerche sugli scambi tra cromatidi fratelli come indicatori assai sensibili della azione mutagena e/o carcinogenetica dei contaminanti ambientali di natura radioattiva e chimica.

Ancora una volta per tutti questi problemi il corretto punto di vista è quello popolazionistico, che fondandosi su una accurata descrizione della variabilità naturale presente nella specie, costituisce la base per classificare solidamente il livello di peri-

search has been enhanced and extended by the latest techniques of analysing the chromosome bands, which allow a more detailed examination of the complex structure of the chromosome.

The present volume, which contains the papers read at the sixth annual symposium of the Birth Defects Institute of Albany, New York, held in October 1975, is devoted to subjects such as studies on the incidence of cytogenetic anomalies and variations, their consequences at phenotypical level, their segregation and their causes, with particular reference to the human species.

The subjects discussed cover a vast range of problems, some of which are also of immediate bio-medical interest. It is sufficient to mention the studies that indicate that up to 50% of clinically recognisable spontaneous abortions show chromosome alterations, and that these increase in frequency as the age of the mother increases, whereas they are not affected by the use — even over prolonged periods — of oral contraceptives. It is obvious that this can be of importance in the correct identification of 'risk' pregnancies, for which an amniocentesis may be advisable for a prenatal diagnosis with a view to a possible therapeutic abortion, thus avoiding an indiscriminate use of the latter, in which the disadvantages may greatly outweigh the advantages.

Another sector of considerable importance is that connected with the association between chromosome anomalies and neoplastic transformation, of the now well-known type of the so-called Philadelphia chromosome and chronic myeloid leukemia. Along the same lines are the far more analytical studies on exchanges between sister chromatids as very sensitive indicators of the mutagenic and/or carcinogenetic action of environmental contaminants of radioactive or chemical nature.

Once again, for all these problems the correct point of view is the populationistic one, which, being founded upon an accurate description of the natural variability present in the species, constitutes the basis for a

colosità dell'agente contaminante in esame. Il simposio, ed il testo che ne è lo specchio, comprende una rassegna pressoché completa di tutti questi problemi, trattati dai maggiori specialisti in materia; esso rappresenta senza dubbio un punto di riferimento insostituibile per chi sia impegnato più o meno direttamente in questo settore scientifico ed in tutti quelli applicativi, a partire dalla medicina preventiva, ad esso correlati.

solid classification of the danger level of the contaminating agent in question.
The symposium, and the text that forms its counterpart, comprises an almost complete survey of all these problems, discussed by the major specialists in the subject. It undoubtedly represents an indispensable work of reference for anyone engaged more or less directly in this scientific sector and in all applied sectors, starting with preventive medicine.

LUCIANO TERRENATO

AUERBACH, C.

Mutation Research

Problems, Results and Perspectives
Chapman and Hall, London, 1976
xxviii + 504 pp., figs. and tables, £ 10.50

Il termine 'mutazione' fu introdotto, nel 1890, dal botanico olandese H. de Vries, uno dei riscopritori delle leggi di Mendel, per indicare variazioni che si producono spontaneamente nel 'patrimonio ereditario' per cause ignote, e che sono immediatamente trasmissibili ai discendenti. Secondo la concezione di de Vries, le mutazioni producono nel fenotipo variazioni di notevole intensità, che esorbitano dai limiti della normale curva di variabilità. Molti anni dopo l'analisi genetica della pianta *Oenothera lamarckiana*, in cui il de Vries aveva scoperto il fenomeno, dimostrò che non si trattava di variazioni comparse *ex novo*, bensí di effetti di ricombinazioni geniche, di poliploidia e di altri fenomeni che furono descritti e classificati. Tuttavia il nome e il concetto rimasero vivi, e quando Th. H. Morgan e i suoi collaboratori, nel decennio 1910-1920 studiarono i meccanismi ereditari nel moscerino *Drosophila melanogaster*, conservarono il nome di mutazione al passaggio di un gene da uno stato allelico ad un altro: per esempio un gene che controlla il colore degli occhi del

The term 'mutation' was introduced in 1890 by the Dutch botanist H. de Vries, one of the rediscoverers of Mendel's laws, to indicate alterations in the 'hereditary patrimony' which come about spontaneously for unknown reasons, and are immediately transmittable to descendants. According to de Vries' conception, mutations produce alterations of considerable intensity in the phenotype, which go beyond the limits of the normal curve of variability. Many years later the genetic analysis of the plant *Oenothera lamarckiana*, in which de Vries had discovered the phenomenon, showed that it was not a question of *ex novo* variations but rather of effects of genic recombinations, poliploidy and other phenomena that were then described and classified. However the name and the concept remained alive, and when Th. H. Morgan and his collaborators, in the decade from 1910 to 1920, studied the hereditary mechanisms in the fly *Drosophila melanogaster* they kept the name of mutation for the transition of a gene from one allelic state to another: for example a

moscerino, e che in condizioni 'normali' determina la colorazione rossa, per un salto mutativo dà origine ad un allele (recessivo rispetto al primo) che non consente la formazione del pigmento, e, in condizione omozigote determina il carattere occhi bianchi. L'allele mutato si trasmette ai discendenti finché non sia soggetto ad una nuova mutazione.

Si riconobbe subito l'importanza del proecsso di mutazione, come quello che dà origine alla variabilità genetica, che è alla base dell'evoluzione. Ebbe cosí inizio una serie di indagini sulle mutazioni, e si riconobbe che esse erano di varia natura: salto da uno stato allelico ad un altro (*point mutations*, o mutazione genica) variazione della struttura dei cromosomi, cioè dell'ordinamento lineare dei geni (mutazione cromosomica); variazione del numero dei cromosomi caratteristico della specie (mutazione del genoma o del cariotipo).

Il primo importante passo nello studio delle mutazioni è rappresentato dalla scoperta di H. J. Muller (1927) in Drosophila e L. J. Stadler (1928) nel granoturco, i quali dimostrarono che i raggi X producono un notevole aumento del numero delle mutazioni, la cui frequenza in condizioni normali è assai bassa. Nel decennio 1930-1940 si svolse quello che la Auerbach chiama il secondo periodo nella storia dell'indagine sulle mutazioni, caratterizzato dalla elaborazione di una teoria fisica per spiegarne l'origine (*target theory*, teoria dell'urto) e di una conseguente teoria della struttura del gene, considerato allora come un edificio atomico di natura proteica.

Il terzo periodo si apre con la scoperta, avvenuta durante la seconda guerra mondiale, per opera dell'autrice di questo libro, della possibilità di ottenere mutazioni mediante sostanze chimiche di varia natura. La scoperta di mutageni chimici, assai importante dal punto di vista pratico, non ebbe, inizialmente l'importanza teorica che si poteva sperare, perchè, nell'ignoranza della struttura chimica del gene e di fronte alla grande varietà delle sostanze ad effetto mutageno, non si riuscì a costruire una teoria coerente della natura del gene e dell'azione mutagena.

gene that controls the colour of fly's eyes, which in 'normal' conditions causes a red colour, gives rise through a mutational leap to an allele (recessive with respect to the former) that does not allow the formation of pigment and in homozygous condition determines the trait white eyes. The mutated allele is transmitted to descendants until it is subject to a further mutation.

The importance of the process of mutation was immediately recognized, in as much as it gives rise to the genetic variability which is the basis of evolution. There thus began a series of investigations on mutations, and it was recognized that these were of various types: leaps from one allelic state to another (point mutations, or genic mutation), variations in the chromosome structure, that is, in the linear order of the genes (chromosomic mutation), variations in the number of chromosomes characteristic of the species (mutation of the genom or of the caryotype).

The first important step in the study of mutations is represented by H. J. Muller (1927) in Drosophila and by L. J. Standler (1928) in maize, who showed that X-rays produce a considerable increase in the number of mutations, the frequency of which under normal conditions is very low. The decade 1930-1940 saw the development of what Auerbach calls the second period in the history of the study of mutations, characterized by the elaboration of a physical theory to explain their origin (target theory) and of an ensuing theory of the structure of the gene, considered at that time as an atomic edifice of a proteic nature.

The third period opens with the discovery made by the author of this book during the second world war of the possibility of obtaining mutations by means of a variety of chemical substances. The discovery of chemical mutagens, which was of considerable importance from the practical point of view, failed at first to have the theoretical importance one might have hoped for because the ignorance concerning the chemical structure of the gene and the variety of substances with a mutagenic effect prevented the building up of a coherent theory

Una chiarificazione avvenne nel quarto periodo, il cui inizio coincide con la dimostrazione della natura della sostanza che reca l'informazione genetica, il DNA (acido desossiribonucleico) e con la scoperta (1953) della struttura a doppia elica della molecola di questo acido. Tuttavia anche la nuova teoria della struttura del gene e del processo di mutazione al livello molecolare non risolve completamente i numerosi problemi che si sono presentati nel corso delle indagini durante i periodi suddetti. Nel quinto periodo (dal 1965 ad oggi) si cerca appunto di spingere l'indagine in varie direzioni, con il particolare intento di risolvere per quanto possibile i problemi tuttora aperti, e di riportare lo studio dei processi mutativi (specialmente delle mutazioni geniche e cromosomiche) dal livello chimico, molecolare, al livello biologico, cellulare.

Dopo l'esposizione degli aspetti storici qui riassunti, che occupa il primo capitolo, l'autrice tratta nei successivi 22 capitoli praticamente tutti i più importanti aspetti di questo vasto settore della genetica, con la competenza e la profondità che soltanto può avere chi, come lei, ha dedicato quaranta anni di studio a questi argomenti, ai quali ha recato contributi di fondamentale importanza.

Non è possibile esaminare con qualche dettaglio la materia trattata in questo volume. Basti sottolineare alcuni aspetti: la grande importanza dei processi mutativi dal punto di vista teorico, in quanto possono illuminare sulla natura e sulla struttura del materiale genetico e sulla base prima dei fenomeni evolutivi; la notevole importanza pratica delle mutazioni (tema a cui l'autrice dedica l'ultimo capitolo) sia perchè possono essere usate per cercare di estinguere specie nocive, sia perchè possono avere attinenza con la cancerogenesi, e sia, infine, perchè è necessario difendere l'uomo dai pericoli inerenti alla diffusione dei mutageni chimici nell'ambiente. La Auerbach nella sua esposizione, insiste, molto opportunamente, soprattutto sui problemi insoluti, sulla necessità di confrontare i dati ottenuti da organismi diversi (virus, batteri, lievito, *Neurospora, Droso-*

of the nature of the gene and of the mutagenic action.

A clarification came about in the fourth period, the beginning of which coincides with the demonstration of the nature of the substance which bears the genetic information, DNA (desoxyribonucleic acid) and the discovery (1953) of the double helix structure of its molecule. However even the new theory of the structure of the gene and of the process of mutation at molecular level did not completely resolve the numerous problems that arose during the course of the investigations carried out in the above-mentioned periods. The fifth period (from 1965 on) has seen the attempt to push research in various directions with the specific intention of resolving where possible the still remaining problems and of transferring the study of mutational processes (in particular genic and chromosomic mutations) from the molecular level to the biological cellular level.

After the exposition of the historical aspects summarized here first chapter the author devotes the following twenty-two chapters to an examination of the most important aspects of this vast area of genetics with the scholarliness and depth that can only come from someone who has devoted forty years of study to these topics, as she has done, and has made fundamental contributions.

It is not possible to examine in detail the material presented in this work. One need only emphasize a few aspects: the great theoretical importance of mutation processes, which can shed light on the nature and structure of genetic material and on the prime basis of evolutionary phenomena; the considerable practical importance of mutations (which forms the subject of the last chapter) partly because of their possible use in the attempt to exterminate harmful species and also because they may bear some relation to cancerogenesis; and finally, because it is necessary to defend man from the dangers inherent in the diffusion of chemical mutagens in the environment. In her exposition, Auerbach rightly emphasizes above all the unsolved problems, the need to compare data gleaned from different organisms (viruses,

phila, ecc.) in modo da raggiungere una visione unitaria di questi processi, che sono sostanzialmente simili in tutti gli organismi, dai più semplici ai più complessi. Non mancano annotazioni relative alle tecniche di studio, che sono necessariamente differenti per le diverse specie, annotazioni che saranno indubbiamente assai utili e gradite agli studiosi che intendono applicarsi a questi studi.

Per la lucida sintesi che, sulla base di accurate analisi, la Auerbach riesce a costruire nei vari aspetti del complesso argomento, questo libro si presenta come uno dei più significativi e originali nella moderna letteratura genetica.

bacteria, yeast, *Neurospora*, *Drosophila*, etc.) in order to obtain a unitary view of these processes, which are substantially similar in all organisms, from the simplest ones to the most complex. Mention is also made of working techniques, which vary necessarily according to the species: these notes will undoubtedly prove quite useful and interesting to scholars who intend to devote themselves to the study of mutagenesis.
By virtue of the lucid synthesis which Auerbach has been able to make as a result of fine analytical work in the various aspects of the complex subject, this book stands out as one of the most significant and original in modern genetic literature.

GIUSEPPE MONTALENTI

KARLIN, S. and NEVO EVIATAR (eds.)

Population Genetics and Ecology

Academic Press, London, 1976
XIV+832 pp., figs. and tables, $ 25.50

Sono raccolte in questo volume le relazioni tenute ad un colloquio che ebbe luogo in Israele dal 13 al 23 marzo 1975. L'argomento è della massima importanza e attualità: si tratta di collegare il movimento dei geni nelle popolazioni, cioè la variazioni delle frequenze geniche, che rappresentano il primo passo dell'evoluzione, con le condizioni ambientali e le loro variazioni. Hanno partecipato al convegno 48 biologi di vari paesi, che hanno presentato e discusso 31 relazioni. Questi studi, com'è noto, possono essere condotti sia con indagini eseguite in natura o in laboratorio, su popolazioni di piante, di animali, di microrganismi, o, eventualmente, umane, sia con ricerche teoriche intese ad elaborare modelli matematici, la cui validità può poi essere sag-

This volume contains the papers read at a meeting held in Israel on the 13th and 23rd March 1975. The subject is currently of the utmost importance: the connection between the movement of the genes within populations — that is, the variations of the gene frequencies, which represent the first step of evolution — and environmental conditions and their variations. At the meeting 31 papers were presented and discussed by 48 biologists of various countries. Such studies, as is known, can be carried out either through research in the field or in the laboratory on populations of plants, animals, micro-organisms or, possibly, on human beings, or through theoretical research aimed at elaborating mathematical models, the validity of which can then be

giata sui dati raccolti nelle varie specie. Appare quindi logica e opportuna la distribuzione delle relazioni in tre categorie: studi in natura e in laboratorio (*field and laboratory studies*); modelli teorici a confronto con i dati sperimentali (*models and evidence*); studi teorici (*theoretical studies*). Ognuna di queste tre sezioni è preceduta da una introduzione-riassunto a cura degli organizzatori. Alla fine del colloquio ha avuto luogo una discussione sui problemi e gli obiettivi della genetica di popolazioni, a cui hanno preso parte molti dei convenuti. La discussione è stata registrata, e successivamente elaborata e corretta dai singoli partecipanti.

Molti importanti argomenti sono stati oggetto di indagine e di discussione. Ricordiamo, fra gli altri: il dibattuto problema della importanza dei geni 'neutrali' (cioè aventi valore selettivo pressoché nullo) nei fenomeni evolutivi, relazione fra i modelli teorici e i dati sperimentali, importanza dell'analisi statistica e problemi relativi alla interpretazione dei dati; programmi per l'impostazione di future ricerche combinate, di laboratorio, in natura, e teoriche; relazioni fra le variabili ecologiche e genetiche, eccetera.

Il volume, pubblicato con il sistema '*Rapid manuscript reproduction*', è una importante raccolta di contributi di studiosi diversamente orientati sull'argomento genetica ed ecologia, ed è quindi assai utile agli studiosi dell'uno e dell'altro campo.

tested on the data collected in the various species. Hence it seems logical and appropriate to have arranged the papers in three categories, namely: field and laboratory studies; models and evidence; and theoretical studies. Each of these three sections is preceeded by a summary-introduction written by the organisers of the meeting. The closure of the symposium was a discussion on the problems and objectives of population genetics, in which many of the contributors participated. The discussion was recorded and was later elaborated and corrected by the participants.

Many important subjects were studied and discussed. Among them we should mention: the much debated problem of the importance of 'neutral' genes (i.e. those having almost no selective value) in the evolutionary phenomena, the relation between theoretical models and experimental data, the importance of statistical analysis and problems relative to the interpretation of data; programmes for the formulation of future combined studies (theoretical, in the laboratory and in the field); relations between the ecological and genetic variables, etc.

The volume, published according to the system of 'Rapid manuscript reproduction', is an important collection of contributions by research workers having a variety of different outlooks on the subject genetics and ecology, and it is therefore very useful for such scientists in both these fields.

GIUSEPPE MONTALENTI

MOUNOLOU, J.-C. and VIGIER, PH.

Précis de génétique physiologique

Series: Collection SUP - Le biologiste, Vol. 12
Presses Universitaires de France, Paris, 1976
240 pp., tables, No price stated

È un breve manuale inteso a dare una informazione elementare su alcuni problemi di genetica, con particolare riguardo all'aspetto fisiologico, a cui spesso non è dato adeguato sviluppo nei testi di genetica.
Comincia con un argomento non facile: che cosa è un gene? Espone poi i meccanismi di riproduzione della informazione genetica e della sintesi proteica. Nei successivi capitoli sono trattati i seguenti argomenti: la variabilità del materiale genetico, la ricombinazione, il controllo e la regolazione di una funzione cellulare (la sintesi dell'enzima e la regolazione della sua attività), lo sviluppo e il differenziamento cellulare, l'credità citoplasmatica. Le indicazioni bibliografiche sono ridotte a sette titoli.
Il volumetto può essere utile agli studenti e a chi desideri una informazione generale e non eccessivamente tecnica su alcuni problemi fondamentali della genetica.

A short handbook which aims at giving basic information on some of the problems of genetics, particularly with respect to the physiological aspects which are often passed over rather summarily in texts on genetics.
The subject dealt with at the outset is not easy: what is a gene? An explanation of the mechanisms of the reproduction of genetic information and protein synthesis then follows. The next chapters deal with the following subjects: the variability of genetic material, the recombination, control and regulation of a cellular function (the synthesis of the enzyme and the regulation of its activity), cellular development and differentiation, cytoplasmic heredity. The bibliography is limited to seven titles. This small volume may be useful to students and those requiring general and not excessively technical information on some of the basic problems of genetics.

GIUSEPPE MONTALENTI

GOODMAN, M. and TASHIAN, R. E. (eds.)

Molecular Anthropology

Genes and Proteins in the Evolutionary Ascent of Primates
Series: Advances in Primatology
Plenum Press, New York, 1976
XIII + 466 pp., figs. and tables, $ 42.00

Sebbene il termine 'Antropologia Molecolare' sia stato usato da Zuckerkandl già nel 1962, è questa una delle prime opere che riescano a presentare in forma organica i contenuti di questa nuova branca della biologia umana.
Il testo si basa sostanzialmente sui contributi che una cinquantina di specialisti hanno portato ad un simposio tenutosi a Burg Wartenstein, Austria, nel 1975.
Nell'arco dei venti capitoli viene verificato il grado di realizzazione dell'idea originale presente nell'antropologia molecolare, cercare cioè di liberare l'analisi, tipica della tassonomia numerica, dagli adattamenti fenotipici, che funzionano da 'rumore', e di studiare invece caratteri non influenzabili dall'ambiente quali i prodotti primari dei geni o addirittura i geni stessi.
La trattazione procede dai dati preliminari che fanno principalmente riferimento a tre settori: il primo relativo all'analisi delle fonti di variazione, cioè la mutazione, sia a livello molecolare che cromosomico, sottolineando la scarsità delle informazioni possedute nel vasto ambito compreso tra i due livelli. Nel secondo si tenta di confrontare i reperti fossili con le principali dicotomie dedotte dalle sequenze della mioglobina e principalmente la dicotomia tra Primati e altri Placentati, quella tra Platirrine e Catarrine e quella tra Ominoidi e Cercopitecoidi.
Il terzo punto di riferimento preliminare risiede nella trattazione, condotta con sufficiente chiarezza, degli elementi di matematica ed in particolare della teoria della informazione, che sono indispensabili per valutare il contenuto informativo dei dati a disposizione, nonché il principio della massima parsimonia usato per la costruzione degli alberi genealogici, che connettono

Although the term 'molecular anthropology' was used by Zuckerkandl in 1962, this is one of the first books that succeeds in presenting the contents of this new branch of human biology in a well constructed form.
The text is based mainly on contributions made by about fifty specialists at a symposium held in Burg Wartenstein in Austria in 1975.
In the twenty chapters one can see to what degree the original idea of molecular anthropology has been realized. The idea was to free typical numerical taxonomic analysis from phenotypic adaptations that act as 'noise' and instead to study characteristics that cannot be influenced by the environment, that is, the primary products of genes or even the genes themselves.
The treatment of the topic starts with preliminary data divided into three sections. The first concerns the analysis of sources of variation, that is, mutation both at the molecular and chromosome level, stressing the scarcity of information in the vast area between these two levels. The second section tries to compare fossil findings with the main dichotomies resulting from the sequencing of myoglobin and particularly the dichotomy between Primates and other Placentates, between Platyrrhines and Catarrhines, and between Hominoids and Cercopithecoids.
The third preliminary point is the sufficiently clear handling of the mathematical elements, especially of the theory of information that are indispensable for evaluating the informational content of available data, as well as the principle of maximum parsimony used for the construction of genealogical trees that connect different genera within the primates.
Thus one reaches one of the most interesting

i diversi generi all'interno dei primati. Si giunge così a trattare uno degli aspetti più interessanti della evoluzione a livello molecolare: il problema dell'orologio molecolare. È infatti ormai chiaro che proteine diverse evolvono a velocità diverse, e che anche all'interno della stessa proteina vi sono zone più stabili, o addirittura interdette alla variazione, e altre più variabili, e che ciò dipende dal grado di specializzazione di una proteina o di un suo tratto.
Si passa infine ai risultati veri e propri, cioè la sistematica molecolare dei primati: dai sistemi meno analitici, come è quello della immunodiffusione, all'unico veramente molecolare, cioè la sequenza aminoacidica di specifici polipeptidi.
Il sistema più informativo è certamente quello dell'emoglobina, sia con le catene alfa, che con quelle beta; i siti sostituiti nella prima sono nei vari primati 14 su 141, nella seconda 19 su 146. È di grande interesse rilevare che nessuno dei siti sostituiti riguarda i contatti con l'eme, le interazioni tra catene, l'effetto Bohr o il legame con il 2,3-difosfoglicerato; in sostanza nessuno è collocato in zone altamente specifiche dell'emoglobina.
Per quanto riguarda le relazioni a livello molecolare tra primati e altri vertebrati vengono analizzate con dettaglio le informazioni fornite dalle sequenze della mioglobina e della anidrasi carbonica.
Da queste brevi note si può comprendere come il testo tenti di raggiungere un grado di sufficiente completezza in un argomento nel quale la massa di informazioni è certamente di dimensioni cospicue.
L'impressione generale che se ne può dedurre è che la antropologia molecolare ha certamente mantenuto le promesse che erano sembrate azzardate solo pochi anni orsono, anche se certamente molto deve essere ancora fatto prima che si giunga ad una comprensione più organica di questi problemi.

aspects of evolution at the molecular level: the problem of the molecular clock. It is now clear that different proteins evolve at different speeds and that even within the same protein there are more stable zones or even zones that prohibit variation and other zones that are more variable; this depends on the degree of specialization of a protein or of its portions.
Finally we move on to the actual results, that is, the molecular systematics of primates from less analytical systems such as immunodiffusion, to the only truly molecular system, that is, the amino acid sequence of specific polypeptides.
The most informative system is undoubtedly hemoglobin with the alpha and beta chains. The sites replaced in the alpha chain in various primates are 14 out of 141, and in the beta chain they are 19 out of 146. It is of great interest to find that none of the replacement sites has any contact with the heme group, nor with the interactions between chains, nor with the Bohr effect or the bond with 2,3-diphosphoglycerate. Basically, none is located in a highly specific zone of hemoglobin.
As for the relationship on the molecular level between primates and other vertebrates, there is a detailed analysis of the information provided by the sequencing of myoglobin and from carbonic anhydrase.
From these short notes one can understand how this text tries to achieve a sufficient degree of completeness in a topic whose mass of information is enormous.
The general impression one gets is that molecular anthropology has kept the promises that a few years ago seemed daring, though there remains much to be done before one can achieve a full understanding of these problems.

LUCIANO TERRENATO

MÜLLER, A. H.

Lehrbuch der Paläozoologie

Series: Allgemeine Grundlagen, Vol. 1
Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1976 (3rd Ed.)
423 pp., figs. and tables, DDR 36,40 M

La paleontologia ha fatto grandi progressi negli ultimi decenni, sia dal lato esplorativo, sia dal lato interpretativo. In questa terza edizione del primo volume del trattato di A. H. Müller, Professore di paleontologia nella Bergakademie di Freiberg (Sassonia), sono esposti i fondamenti generali della disciplina. Il volume ha inizio con una esposizione del contenuto generale della paleontologia e delle sue suddivisioni. Segue un breve (7 pagine) riassunto della storia della scienza dei fossili. Un lungo capitolo (123 pagine) è dedicato allo studio dei processi di fossilizzazione. Seguono due capitoli in cui si tratta rispettivamente della sistematica biologica e della terminologia e dello studio statistico della variabilità. Un altro lungo capitolo (circa 100 pagine) tratta dei principi generali della filogenesi.
L'ultima parte del testo è riservata ad argomenti di grande interesse, che hanno avuto sviluppo negli anni recenti: l'ecologia, la fisiologia, la taxiologia dei fossili. Questo ultimo termine 'paleotaxiologia' è stato introdotto da R. Richter (1955) per indicare il comportamento degli animali fossili. In appendice sono esposti i principali metodi per la preparazione e lo studio dei fossili. Il libro è corredato di numerose (231) buone illustrazioni e di copiosi riferimenti bibliografici. Salvo errore, manca ogni accenno ai fossili precambriani e in particolare alle tracce di organismi interpretati come batteri o cianofite trovati nel *gunflint* del Canada e in altre rocce molto antiche.

In the past few decades paleontology has made steps forward, with regard both to exploration and to interpretation. This third edition of the first volume of the treatise by A. H. Müller, Professor of Paleontology at the Bergakademie, Freiberg (Saxony), offers an exposition of the general foundations of the discipline. The volume begins by describing paleontology with regard to both the general content and its particular subdivisions. This is followed by a brief (7 pages) résumé of the history of the science of fossils. A long chapter (123 pages) is devoted to the study of the processes of fossilization. Two chapters follow in which biological systematics, terminology and the statistical study of variability are dealt with. A further long chapter (100 pages approx) treats of the general principles of phylogenesis.
The last part of the text is devoted to subjects of particular interest, much developed in recent years: ecology, physiology, and taxiology of fossils. The term 'paleotaxiology' was introduced by R. Richter (1955) to indicate the behavior of fossil animals. An appendix describes the principal methods for the preparation and study of fossils.
The book is enriched with numerous (231) excellent illustrations and copious bibliographic references. If I am not mistaken, no mention is made of Precambrian fossils and in particular of the traces of organisms interpreted as bacteria or cyanophytes found in the *gunflint* of Canada and in other very ancient rocks.

GIUSEPPE MONTALENTI

FRANZ, J. M. and KRIEG, A.

Biologische Schädlings-bekämpfung

Series: Pareys Studientexte, Vol 12
Verlag Paul Parey, Berlin, 1976 (2nd Ed.)
222 pp., tables, DM 29,—

La lotta contro i parassiti e, in genere, contro gli organismi nocivi alle specie d'interesse economico per l'uomo, si è arricchita, negli anni recenti di molti importanti mezzi di combattimento. Gli autori offrono in questo manuale una trattazione completa dello importante argomento. Il libro ha inizio con una esposizione della dinamica delle popolazioni naturali, e con un sommario dei metodi di lotta non biologici, cioè chimici e fisici. Seguono poi, distribuiti in 14 capitoli le descrizioni teorico-tecniche dei principali mezzi di lotta affidata a organismi diversi (vertebrati, artropodi, altri invertebrati, microrganismi e virus).
Particolare attenzione è dedicata ai metodi di autodistruzione (sterilizzazione, introduzione di mutazioni deleterie) e ai mezzi biotecnici (stimoli acustici, ottici, ormonali, ecc.). Un capitolo è dedicato ai metodi di lotta integrata. In appendice sono fornite utili indicazioni sulle organizzazioni internazionali e nazionali (della Repubblica Federale Tedesca) che si occupano della lotta agli organismi nocivi. Seguono un glossario e una copiosa bibliografia.
L'editore Paul Parey che pubblica tante notevoli opere di carattere naturalistico ha arricchito la sua collezione con un libro che si raccomanda per la compiutezza e la precisione dell'informazione su di un argomento di alto interesse pratico per lo sviluppo dell'agricoltura e la difesa dei beni che essa produce.

The battle against parasites and in general against organisms which are harmful to the species that are of economic concern for man has been endowed over the last few years with many new important weapons. In this manual the authors present a thorough treatment of this important topic. The book opens with an exposition of the dynamics of the natural populations, and a summary of the non-biological, i.e. chemical and physical, methods of control. There follow, distributed over fourteen chapters, the theoretical-technical descriptions of the principal means of control exerted by various organisms (vertebrates, arthropods, other invertebrates, micro-organisms and viruses).
Particular attention is paid to methods of self-destruction (sterilization, introduction of noxious mutations) and to biotechnical means (acoustic, optical, hormonal stimuli, and the like). One chapter is devoted to integrated methods of control. The appendix furnishes useful indications on international and national (West German) organizations which are concerned with the battle against harmful organisms. There follow a glossary and an ample bibliography.
The publisher Paul Parey, who is responsible for so many remarkable publications on naturalistic subjects, has enriched his collection with a book that is to be recommended for its thoroughness and precision of information on a topic of great practical interest for the development of agriculture and the defense of the goods it produces.

GIUSEPPE MONTALENTI

DEMPSTER, J. P.

Animal Population Ecology

Academic Press Inc., London, 1975
x+156 pp., figs. and tables, £3.80

Le variazioni a cui va soggetto il numero degli individui che compongono una popolazione sono uno dei fenomeni più importanti nella dinamica degli ecosistemi. Le cause sono soltanto imperfettamente conosciute. Lo studio di questo argomento ha avuto inizio nel 1926 con la pubblicazione delle elaborazioni teoriche di V. Volterra, sviluppate sulla base delle osservazioni di U. D'Ancona sugli effetti della stasi peschereccia che si verificò nell'alto Adriatico durante la prima guerra mondiale. Le equazioni che vanno sotto il nome di Lotka-Volterra (A. J. Lotka aveva formulato nel 1925 equazioni analoghe a quelle del Volterra) e che si riferiscono alle variazioni numeriche di due specie, una predatrice dell'altra, costituiscono tuttora la base della ecologia quantitativa. Gli sviluppi di questa disciplina, che sono stati piuttosto lenti data la molteplicità e la complessità dei fattori che determinano variazioni numeriche, hanno consentito di raggiungere alcune conclusioni relativamente alla dinamica delle popolazioni. L'autore le riassume in questo libro, avvertendo che molte di esse non sono definitive e saranno probabilmente modificate da ricerche future. Egli si augura che i lettori siano stimolati a compiere ricerche, soprattutto su quei problemi che appaiono più oscuri e che agli addita nel corso della sua esposizione. La posizione pregiudiziale che assume e dichiara nella prefazione è che la comprensione dei fattori che determinano l'abbondanza degli animali si può ottenere soltanto dallo studio profondo di popolazioni animali in natura. Finché non vi è una solida base di dati raccolti in natura, non si possono ottenere se non limitati progressi con la costruzione di modelli matematici.

Dopo avere esposto alcuni concetti fondamentali e definizioni relativi alle popola-

The variations of the number of individuals that make up a population constitute one of the more important phenomena in the dynamics of eco-systems. The causes are only imperfectly known. The study of this subject began in 1926 with the publication of V. Volterra's theoretical elaborations, developed on the basis of U. D'Ancona's observations on the effects of the standstill in the North Adriatic fisheries during the first world war. The equations, known as the Lotka-Volterra equations (A. J. Lotka had in 1925 formulated equations similar to those of Volterra), relate to the numerical variations in two species, one a predator of the other, and constitute still the basis of quantitative ecology. The developments of this discipline, which have been somewhat slow, in view of the multiplicity and complexity of the factors that determine numerical variations, have enabled certain conclusions to be drawn concerning population dynamics. The author summarises them, with the warning that many of them are not definitive and will probably be modified by the results of future research. He expresses the hope that readers will be stimulated to carry out studies, especially on those problems that appear more obscure and to which he draws attention in his account.

The prejudicial attitude that he states in the preface is that « a real understanding of the factors determining the abundance of animals can be obtained only by the intensive study of animal populations in the field ». « Only limited progress can be made in constructing realistic population models until there is a firmer basis of field data on which to build ».

After giving an account of some fundamental concepts and definitions relative to animal

zioni animali (cap. 2) il Dempster descrive da un punto di vista teorico l'azione dei più importanti fattori che influiscono sulla dimensione delle popolazioni (capp. 3-7). Successivamente (capp. 8-9) espone i risultati della interazione di tali fattori, portando come esempio gli studi eseguiti su alcune specie. Infine discute le teorie generali sulla dinamica delle popolazioni e le loro applicazioni a problemi pratici (capp. 10-11).
È un libro vivace, stimolante, come era da attendersi da un autore che per lunghi anni ha studiato questi problemi, soprattutto sugli insetti.

populations (chap. 2), Dempster describes, from a theoretical point of view, the action of the more important factors that influence population size (chaps 3-7). Then (chaps 8-9) he gives the results of the interaction between these factors, offering as examples the studies carried out on certain species. Finally he discusses general theories on population dynamics and their applications to practical problems (chaps 10-11).
This is a lively and stimulating volume, as was to be expected from an author who has behind him many years of study of these problems, especially those concerned with insects.

GIUSEPPE MONTALENTI

PAPAVERO, N.

The World Oestridae (Diptera), Mammals and Continental Drift

Series: Entomologica, Vol. 14
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1977
240 pp., figs. and tables, Dfl. 75,—

N. Papavero è un ditterologo brasiliano esperto di gruppi affini agli Oestroidei e particolarmente di quelli delle Regioni Neotropica ed Australiana; certamente egli è persona adatta ad affrontare con seria competenza un argomento così vasto e d'interesse non soltanto entomologico.
L'opera è articolata in quattro parti (A, B, C, D), precedute da una breve introduzione sull'inquadramento tassinomico ed eto-ecologico della superfamiglia Oestroidea e della famiglia Oestridae (mosconi le cui larve si sviluppano come parassite in diverse cavità del corpo di vari mammiferi domestici e selvatici) e sulle finalità dell'opera: classificazione degli Oestridae dei gruppi superiori al genere; spiegazione della distribuzione geografica attuale, che esclude quasi totalmente le Regioni Neotropica ed Orientale; ricerca

N. Papavero is a Brazilian dipterologist, an expert on groups akin to the Oestroidea and particularly on those of the Neo-tropical and Australian regions. He is certainly the right person to tackle, in a serious and authoritative manner, so vast a subject, which is of not only entomological interest.
The work falls into four parts (A, B, C, D), preceded by a short introduction on the taxonomic and etho-ecological classification of the super-family Oestroidea and the family Oestridae (large flies whose larvae develop as parasites in various cavities of the body of certain domestic and wild animals) and on the aims of the work: the classification of the Oestridae of the groups higher than the genus; explanation of the present geographical distribution, which almost totally excludes the Neo-tropical and Oriental re-

di correlazione tra filogenesi degli Oestridae e quella dei loro ospiti; confronto tra zoogeografia (passata e presente) degli Oestridae e quella dei mammiferi loro ospiti; ricostruzione della storia evolutiva degli Oestridae.
Nella parte A viene riportata una serie di notizie storiche a partire dalle conoscenze che degli Oestroidea avevano gli antichi Egizi, i Greci, i Romani e via via fino all'inquadramento biologico e sistematico che ne danno i Ditterologi moderni. Sono riportate anche tradizioni popolari e folcloristiche sugli Oestroidea, dalla loro utilizzazione come alimento umano, ai nomi popolari dati a questi insetti nei dialetti delle più svariate parti del mondo (dalla Spagna alla Svezia, dall'Italia alla Germania e alla Russia, dall'Africa occidentale al Sud America, al Canada).
Notizie eto-ecologiche sugli Oestroidea (in particolare sul fenomeno delle aggregazioni) ed una lunga serie (170) di riferimenti bibliografici chiudono la prima parte dell'opera.
La parte B, la più estesa, tratta la sistematica e la filogenesi della famiglia Oestridae. La classificazione di questi si basa essenzialmente sui sistemi proposti da Grunin (1957, 1966) e Zumpt (1965) (ai quali si riferiscono anche le illustrazioni morfologiche riportate), ma con qualche importante differenza e con l'aggiunta di 2 sottofamiglie, 4 tribù, 5 subtribù e 3 generi nuovi. Vengono riportate le chiavi analitiche delle sottofamiglie (Cephenemyiinae, Pharyngobolinae, Oestrinae, Tracheomyiinae; basate su caratteri morfologici dell'adulto e della larva della terza età), delle tribù (basate su caratteri morfologici dell'adulto e della larva della 3ª età), subtribù, generi e specie. Delle sottofamiglie viene riportata anche la particolare distribuzione geografica. Delle singole specie vengono riportate notizie bibliografiche essenziali sulla distribuzione geografica, l'ospite o gli ospiti conosciuti, la biologia. Sulla filogenesi degli Oestridae sono indicate le linee evolutive generali di alcuni caratteri morfologici come la pelosità del corpo, la chetotassi, le nervature alari, ecc., e vengono prospettati schemi filogenetici per le sottofamiglie

gions; correlation between the phylogenesis of the Oestridae and that of their hosts; comparison between zoogeography (past and present) of the Oestridae and that of their mammal hosts; and a reconstruction of the evolutionary history of the Oestridae.
In Part A the author gives some historical information, starting from the knowledge that the ancient Egyptians, Greeks and Romans had of the Oestroidea and continuing up to the biological and systematic classification given to them by modern Dipterologists. He also reports on popular and folk traditions concerning the Oestroidea, from their use as food for humans to the popular names given to these insects in the dialects of a great variety of parts of the world (from Spain, Italy, Sweden, Germany and Russia to West Africa, South America and Canada).
The first part of the work concludes with etho-ecological information on the Oestroidae (particularly on the phenomenon of aggregation) and a long series (170) of bibliographical references.
Part B, the more extensive part, deals with the systematics and phylogenesis of the family Oestridae. The classification of the latter is based essentially on the systems proposed by Grunin (1957, 1966) and Zumpt (1965) (to which also refer the illustrations of morphology), but with certain important differences and with addition of 2 sub-families, 4 tribes, 5 sub-tribes and 3 genera. The analytical keys are given for the sub-families (Cephenemyiinae, Pharyngobolinae, Oestrinae and Tracheomyiinae; based on morphological characteristics of the adult and of the third-instar larva), the tribes (based on the morphological characteristics of the adult and of the third-instar larva), the sub-tribes, the genera and the species. The particular geographical distribution of the sub-families is also reported. For the individual species, essential bibliographical information is given on geographical distribution, the known hosts and the bionomics. Regarding the phylogenesis of the Oestridae, the author indicates the general evolutionary trends of certain morphological features such as haggi-

Cephenemyiinae e Oestrinae e relative tribù, subtribù, generi e specie, con riferimento anche agli ospiti.

Un'ampia bibliografia degli Oestridae (865 lavori) conclude la parte B.
La parte C è dedicata ad una rassegna critica degli ospiti degli Oestridae, e, dopo aver messo in evidenza che detti ospiti rappresentano una minima parte (25 generi su 170 appartenenti a 4 solamente — Marsupialia, Proboscidea, Artiodactyla, Perissodactyla — dei 18 ordini attuali della Classe) dei mammiferi, mette in luce alcune caratteristiche peculiari morfologiche, etologiche, biogeografiche e paleontologiche comuni ai vari ospiti, in relazione alla parassitizzazione da parte degli Oestridae. Settantasette riferimenti bibliografici chiudono questa parte.
La parte D traccia le linee della ipotetica storia evolutiva (origine e diversificazione della famiglia; ipotesi sulle cause dell'attuale assenza in Sud America e della presenza in Australia; evoluzione in Africa, in Eurasia e Nord America) degli Oestridae, giungendo a conclusioni molto interessanti.

ness of the body, chaetotaxy, wing venation, etc. and outlines phylogenetic schemes for the sub-families Cephenemyiinae and Oestrinae and the relative tribes, sub-tribes, genera and species, also with reference to the hosts. Part B concludes with an extensive bibliography of the Oestridae (865 works).
Part C is devoted to a critical survey of the hosts of the Oestridae. After showing that these hosts represent a very small proportion (25 genera out of 170 belonging to only four — Marsupialia, Proboscidea, Artiodactyla and Perissodactyla — of the 18 present-day orders of the Class) of the Mammals, the author emphasises certain peculiar morphological, ethological, biogeographical and palaeontological characteristics common to the various hosts, in relation to parasitization by the Oestridae. This part concludes with 77 bibliographical references.
Part D outlines the hypothetical evolutionary history of the Oestridae (origin and diversification of the family; theories on the causes of their absence in South America and their presence in Australia today) and presents some very interesting conclusions.

MARIO SOLINAS

HOLLOWAY, J. D.

The Lepidoptera of Norfolk Island, Their Biogeography and Ecology

Series: Entomologica, Vol. 13
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1977
291 pp., figs. and tables, Dfl. 85,—

È un saggio critico e sperimentale di biogeografia ed ecologia dei Lepidotteri di Norfolk, un'isoletta (34 km²) di origine vulcanica, sperduta nell'Oceano Pacifico: 676 km a Sud-Est della Nuova Caledonia, 772 km a Nord della Nuova Zelanda e 1.368 km a Est dell'Australia: regioni tutte con flora e fauna molto caratteristiche e pertanto assai

This is a critical and experimental work of biogeography and ecology on the Lepidoptera of Norfolk Island, a small island (34 sq.km) of volcanic origin in the midst of the Pacific Ocean, 676 km south-east of New Caledonia, 772 km north of New Zealand and 1368 km east of Australia: regions all having highly characteristic fauna and flora

utili a fornire indicazioni sia sull'origine che sullo sviluppo della flora e della fauna di Norfolk, come anche sui possibili rapporti attuali di interscambio (migrazioni).
L'autore, dopo una chiara e compendiosa introduzione circa l'impostazione, i contenuti e le finalità dell'opera, riferisce ampiamente sulle condizioni climatiche, geografiche e geopedologiche dell'isola, sulle condizioni attuali (consistenza e distribuzione spaziale) della flora e della fauna in relazione alla storia naturale dell'isola ed alle conseguenze dell'intervento antropico, a partire dal 1774 (epoca in cui fu scoperta Norfolk). La parte sperimentale riguarda i risultati di ricerche triennali effettuate mediante raccolta (con trappole a luce ultravioletta regolarmente distribuite nell'intera isola in 25 aree di saggio), interpretazione ed elaborazione statistica di una grande massa di dati.
Sono descritte dal punto di vista sistematico e con illustrazioni morfologiche essenziali (con riferimenti anche alle piante nutrici) un gran numero di specie di Lepidotteri delle famiglie Nolidae, Arctiidae, Noctuidae, Sphingidae e Geometridae. Sono riportate le descrizioni originali di 2 generi, 25 specie e 15 subspecie nuovi per la scienza.
Capitoli singoli sono dedicati rispettivamente: alla colonizzazione dell'isola da parte dei lepidotteri ed ai meccanismi di provenienza dei medesimi dalle terre circostanti; ai metodi di analisi numerica; alla biogeografia dei Macrolepidotteri dell'isola; alle linee di distribuzione dei Microlepidotteri nell'isola ed alle fluttuazioni stagionali dei medesimi (specie e popolazioni); alla diversità ecologica dei Microlepidotteri di Norfolk ed al valore che si può attribuire ai medesimi come indicatori biologici.

Chiudono l'opera 220 riferimenti bibliografici e due indici analitici: per soggetto e tassonomico. In appendice è riportata una breve *review* sulla fauna entomatica di Norfolk.
La scelta di una località geograficamente tanto favorevole, la notevole quantità di dati floristici e faunistici precedentemente raccolti nell'isola da vari studiosi nel corso di due secoli, e la nota competenza di Holloway

and therefore very useful for providing indications both on the origin and on the development of the flora and fauna of Norfolk and also on the possible present-day interchanges (migrations).
After a clear and comprehensive introduction regarding the layout, contents and aims of the work, the author reports fully on the climatic, geographical and geopedological conditions of the island and on the present conditions (extent and distribution) of the flora and fauna in relation to the natural history of the island and to the consequences of man's intervention, starting from 1774 (when the island was discovered). The experimental part concerns the results of three-year studies carried out through the collection (with the aid of ultra-violet light traps regularly distributed in 25 areas throughout the island), interpretation and statistical processing of a vast mass of data.
The author describes, from the systematic point of view and with essential morphological illustrations (also with reference to the plants on which they feed), a great many species of Lepidoptera of the families of the Nolidae, Arctiidae, Noctuidae, Sphingidae and Geometridae. He also gives original descriptions of 2 genera, 25 species and 25 subspecies new to science.
The different chapters are devoted to: the colonisation of the island by the lepidoptera and the mechanisms by which they arrived from the surrounding areas; methods of numerical analysis; the biogeography of the Microlepidoptera in the island and their seasonal fluctuations (species and populations); the ecological diversity of the Microlepidoptera of the island and the value that may be attributed to them as biological indicators.
The work concludes with 220 bibliographical references and two analytical indexes, by subject and by taxonomy. An appendix contains a short review on the entomatic fauna of Norfolk Island.
The choice of such a geographically favourable locality, the considerable quantity of data on the flora and fauna, previously collected in the island by various scientists over a period of two centuries, and the

come lepidotterologo e conoscitore della lepidotterofauna della Regione Australiana, conferiscono alla monografia un valore di primaria importanza anche tra le opere di ecologia e biogeografia generali.

author's well-known authoritativeness as a lepidopterologist and expert on the lepidoptero-fauna of the Australian region, all combine to make this a volume of primary importance, also among general works of ecology and biogeography.

MARIO SOLINAS

CURIO, E.

The Ethology of Predation

Series: Zoophysiology and Ecology, Vol. 7
Springer-Verlag, Berlin, 1976
x + 250 pp., figs. and tables, DM 72,—

La predazione è uno dei fatti più importanti che avvengono nelle comunità biologiche, anche per la sua rilevanza agli effetti della selezione naturale e quindi dell'evoluzione. Il presente studio è rivolto soprattutto, come risulta dal titolo, agli aspetti etologici di questa attività. È articolato in diverse sezioni, in cui sono considerati gli stimoli interni che determinano la predazione, cioè la fame e i ritmi giornalieri e annuali della attività predatoria, la ricerca e la ricognizione della preda, la selezione della preda, i metodi di caccia. I vari argomenti sono trattati sulla base di osservazioni ed esperimenti desunti dalla consultazione di circa 700 lavori, che sono citati nella bibliografia. Si tratta dunque di un notevole contributo alla etologia, e alla ecologia.

Predation is one of the most important facts in biological communities, partly because of its relevance where natural selection and hence evolution is concerned. This study, as the title suggests, is devoted above all to the ethological aspects of this activity. It is divided into several sections, which centre on the internal stimuli that cause predation, i.e. hunger and the daily and annual rhythms of predatory activities, the search for and recognition of prey, the choice of prey, the methods of hunting. The various topics are dealt with on the basis of observations and experiments derived from the consultation of roughly 700 works, which are cited in the bibliography. This is therefore a remarkable contribution to ethology and ecology.

GIUSEPPE MONTALENTI

SCOTT, J. S. and JONES, W. R. (eds.)

Immunology of Human Reproduction

Academic Press, London, 1976
XXII+476 pp., figs. and tables, £15.00

L'immunologia si è sviluppata intensamente negli anni recenti, grazie anche ai rapporti sempre più stretti con la genetica. Si è constatato che reazioni immunologiche entrano in giuoco in numerosi fenomeni biologici. In particolare, è stata dimostrata l'importanza che esse hanno nella sequenza dei processi riproduttivi nei mammiferi e nell'uomo. Questo libro i cui 14 capitoli sono dovuti ad altrettanti autori, è destinato specialmente ai clinici ginecologi, con l'intento di dimostrare le acquisizioni recenti e quanto è ancora oggetto di discussione e di contraddizioni in questo campo. Un glossario anteposto al testo è assai utile per comprendere il significato dei termini e delle abbreviazioni. Dopo una esposizione dei principi fondamentali dell'immunologia si entra in argomento con la fecondazione e l'annidamento dell'embrione, l'immunologia delle relazioni materno-fetali, l'immunologia del trofoblasto, le reazioni immunitarie materne durante la gravidanza, la immunologia fetale e neonatale, gli aspetti immunologici delle infezioni materne, l'isoimmunizzazione del macaco, le malattie immunologiche durante la gravidanza, la pre-eclampsia e l'eclampsia e altre complicazioni della gravidanza con possibile base immunologica, aspetti immunologici della neoplasia del trofoblasto, neoplasmi non gravidici del tratto riproduttivo, aspetti immunologici della sterilità, l'immunità e il controllo della fecondità umana.

Libro, dunque, particolarmente interessante per i ginecologi, i nipiologi e gli studiosi della fecondità nella specie umana.

In recent years immunology has made great strides forward, thanks in part to its increasingly close ties with genetics. It has been discovered that immunological reactions come into play in a number of biological phenomena. In particular, it has been demonstrated that they are of considerable importance in the sequence of reproductive processes in mammals and in man. This book consists of 14 chapters by as many different authors and is destined mainly for gynaecological clinicians since it aims to demonstrate recent discoveries in the field as well as to give an account of some aspects which are still cause of perplexity and discussion. The text is preceded by a glossary which is an invaluable aid to understanding the meaning of the terms and abbreviations. After an explanation of the basic principles of immunology, the subject of fertilization and implantation is approached, followed by that of the immunology of fetal-maternal relationships, of the immunology of the trophoblast, of maternal immune responses in pregnancy, of fetal and neonatal immunology, of the immunological aspects of maternal infections, of Rhesus isoimmunisation, of immunological diseases in pregnancy, of pre-eclampsia/eclampsia and other pregnancy complications with possible immunological basis, of immunological aspects of trophoblastic neoplasia, of non-gestational reproductive tract neoplasms, of the immunological aspects of infertility and of the immunity and the control of human fertility.
Thus this volume is of particular interest for gynaecologists, nipiologists and experts in human fertility.

GIUSEPPE MONTALENTI

MANNING, M. J. and TURNER, R. J.

Comparative Immunology

Series: Tertiary Level Biology
Blackie, Glasgow, 1976
VIII+184 pp., figs. and tables, £ 3.30

L'immunologia, affascinante campo d'indagine biologica, si è sviluppata specialmente in base alla osservazione di fenomeni che avvengono nell'uomo, e con esperimenti eseguiti in gran parte su mammiferi, e, ove possibile, sull'uomo stesso. Al biologo generale rimane sempre la curiosità di sapere quali sono le difese immunologiche dei vertebrati inferiori e degli invertebrati, e di conoscere quali conclusioni si possono trarre relativamente alla evoluzione di questo sistema fisiologico, che ha tanta importanza, appunto, nei vertebrati e nell'uomo.

A questa domanda rispondono gli autori di questo libro, che è il risultato dell'insegnamento ch'essi hanno tenuto agli studenti *undergraduate* in scienze biologiche alla università di Hull. È quindi un volumetto divulgativo, di agevole lettura, che presenta dapprima un riassunto generale sulle caratteristiche del sistema immunitario, poi tratta dei meccanismi di difesa fisiologica negli invertebrati, nei vertebrati acquatici: ciclostomi, pesci cartilaginei e teleostei; nei vertebrati che sono passati in parte, alla vita terrestre: gli anfibi urodeli e apodi e poi gli anuri; nei primi amnioti, i rettili, e infine nei vertebrati omeotermi, uccelli e mammiferi.

In un capitolo conclusivo sono esposte le considerazioni filogenetiche che si possono fare allo stato attuale delle conoscenze, e sono discussi altri argomenti pertinenti al tema (trapianti, immunità umorale, diversità dei sistemi immunitari nei vertebrati superiori). Alla fine vi sono alcune indicazioni bibliografiche, che consentono un primo approfondimento dei vari argomenti.

Immunology, fascinating field of biological inquiry, has been able to develop thanks especially to the observation of phenomena which take place in man, along with experiments carried out for the most part on mammals, or, wherever possible, on man himself. The general biologist is always interested in knowing about the immunological defences of the lower vertebrates and invertebrates, in finding out what conclusions can be drawn relative to this physiological system of such fundamental importance in man and in vertebrates.
This question is answered by the authors of this book, which is the result of undergraduate teaching in biological sciences at the University of Hull. The volume is thus accessible and easy to read. It sets out by giving a broad outline of the features of the immune system and then goes on to describe the physiological defence mechanisms in invertebrates and in water vertebrates: cyclostomes, cartilagineous fishes, teleosteans, and in vertebrates which have moved to a partially terrestrial life: urodele and apodal amphibians, and then anurans; in the first amniotes, the reptiles, and then finally in the homeotherm vertebrates, birds and mammals.
In the last chapter there is an account of the phylogenetic considerations which can be made at this point in our knowledge of the subject, and other pertinent themes are also discussed (transplants, humoral immunity, differences in the immune systems of higher vertebrates). At the end there are various suggestions for further reading which should allow a more detailed study of the different subjects.

GIUSEPPE MONTALENTI

MELCHERS, F. and RAJEWSKY, K. (eds.)

The Immune System

27. Colloquium der Gesellschaft für Biologische Chemie, 29 April - 1. Mai 1976, in Mosbach/ Baden

Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII+299 pp., figs. and tables, DM 72,—

Le ricerche sul sistema immunitario, specialmente dell'uomo e dei mammiferi sono in fase di eccezionale, rapidissimo sviluppo. Negli atti del colloquio che si è tenuto nell'aprile 1976 a Mosbach/Baden, al quale hanno partecipato 60 specialisti, e sono state presentate 23 relazioni, sono stati discussi i seguenti temi: struttura degli anticorpi, i geni strutturali degli anticorpi, le cellule immunocompetenti, il complesso principale di istocompatibilità (*major histocompatibility complex, MHC*) e il riconoscimento fra le cellule, e, infine, aspetti generali del sistema immunitario.
I risultati di questo colloquio, considerati in una relazione riassuntiva da H. N. Eisen, non mancheranno di interessare sia gli immunologi sia i genetisti che si occupano di questi problemi.

Research work into the immune system, particularly that of man and mammals, is in the process of extraordinary and rapid development. In the proceedings of the colloquium held in April 1976 at Mosbach/ Baden, with the participation of 60 specialists and the presentation of 23 papers, the following themes have been discussed: the structure of antibodies, the structural genes of antibodies, immunocompetent cells, major histocompatibility complex (MHC), recognition between cells and, finally, the general aspects of the immune system.
The results of the colloquium, discussed and reassumed in H.N. Eisen's concluding report, cannot fail to interest both immunologists and geneticists working in this area.

GIUSEPPE MONTALENTI

JUDSON, S., DEFFEYES, K. S. and HARGRAVES, R. B.

Physical Geology

Prentice Hall, Inc., Englewood Cliff (N. J.), 1976
XIII + 560 pp., figs. and tables, £ 11.65

La Physical Geology studia i processi chimico-fisici che avvengono alla superficie ed all'interno della Terra. Nei paesi dove le Scienze della Terra hanno un sicuro contenuto culturale, il problema è affrontato secondo due linee; utilizzazione delle tecniche proprie della fisica con relativa matematizzazione dei processi (tipo A) oppure il processo fisico viene trattato senza la relativa matematizzazione (tipo B). È da dire subito che anche quando è fatta la scelta della seconda linea, gli argomenti sono sviluppati da ricercatori che conoscono molto bene le tecniche della fisica e della matematica. I testi che hanno raggiunto i valori massimi nella Physical Geology e che rappresentano le due filosofie sono *The Earth* di Verhoogen e collaboratori e *Earth* di Press e Siever.

È da sottolineare che Judson e coll., pur avendo seguito la linea B, hanno fatto nel loro testo una scelta di fondo che condividiamo pienamente: è stata eliminata tutta quella parte meteorologica e di astrometria che nulla ha a che vedere con la Terra solida, facendo così un'opera di chiarificazione nel settore delle Scienze della Terra che deve essere apprezzato.

Veniamo ora più specificamente al contenuto del testo. Questo è organizzato in una forma non usuale che può determinare nel lettore perplessità ed al meno preparato anche confusione. La tecnica seguita è di tipo induttivo; gli autori partono dall'osservazione che la Terra è un corpo che si modifica continuamente e questo processo viene giustificato con il modello del ciclo delle rocce e la tettonica a zolle, vista come versione moderna del ciclo delle rocce.

I primi due capitoli sono introduttivi; il primo dà un quadro d'insieme dell'intera opera, il secondo fornisce elementi sullo svi-

Physical geology is the study of the chemical and physical processes that occur on the surface and inside the earth. In countries where Earth Sciences have a definite cultural content, it is approached along two lines: A, through the use of the techniques of physics with related expression of the processes in mathematical terms and B, the physical process is handled without the related mathematical expression. One should add that even when the second line is followed, the arguments are developed by researchers who are very familiar with the techniques of physics and mathematics. The most valuable texts on physical geology that also represent the two philosophies are *The Earth* by Verhoogen et al. and *Earth* by Press and Siever.

Although they followed the second line, one should emphasize that Judson and his collaborators made a basic choice that I fully support. They have eliminated all the areas of meteorology and astronomy that have nothing to do with the solid earth, and thus have clarified the area of Earth Sciences under consideration.

We now come more specifically to the contents of the text. It is organized in an unusual form that might arouse perplexity or even confusion in the less qualified reader. The authors use an inductive technique. They start with the observation that the earth is a continually modifying body and that this process can be explained through the model of the rock cycle and plate tectonics, the latter being a modern version of the former.

The first two chapters are introductory. The first gives an overall view of the whole work. The second discusses the historical development of the concept of the rock cycle starting with Hutton, and reaching the modern in-

luppo storico del concetto di ciclo delle rocce a partire da Hutton, per arrivare all'interpretazione moderna del ciclo delle rocce mediante la tettonica a zolle, che permette di avere anche un quadro accettabile di tutti i processi geologici che avvengono sul nostro pianeta da 200 milioni di anni.
Nei capitoli 3, 4 e 5 si descrivono i tipi di rocce (ignee, sedimentarie e metamorfiche), la loro composizione, i processi alle quali sono sottoposte. I concetti di fondo sono esposti in modo corretto, senza indulgere nella classificazione. I diagrammi riportati sono spesso ottimi e di grande ausilio per la comprensione di quanto esposto nel testo.
Nel capitolo 6 gli autori sentono la necessità di informare il lettore sul come si misura il tempo in geologia, di come si sono sviluppate le tecniche, a partire dai primi calcoli attraverso la valutazione della velocità di sedimentazione fino alla determinazione dell'età della Terra e del sistema solare attraverso i metodi radioattivi.
Il passo successivo è l'interpretazione di fenomeni superficiali (vulcani, terremoti, ecc.) che hanno un'origine profonda. Dal capitolo 7 al 12 si discute delle forze che deformano le rocce e che provocano i terremoti, della costituzione dell'interno della Terra, dell'espandimento dei fondi oceanici, della Tettonica a zolle e della deriva dei continenti. Il capitolo sulle forze è ottimo, gli autori riescono senza formulazione matematica a dare al lettore un'idea chiara sugli stress e di come questi, a seconda della loro distribuzione, provocano i diversi tipi di faglie; il tutto è fatto utilizzando disegni e foto molto esplicativi. Non sembra corretta la collocazione del capitolo: «Geologia dei continenti» (11), dopo quello sulla «Tettonica a zolle» (10). Infatti l'evoluzione dei continenti è nel testo spiegata secondo il modello della Tettonica a zolle, ma è da ricordare che la geologia delle masse continentali contribuisce all'elaborazione del modello. Pertanto non vi è un prima ed un dopo, altrimenti potrebbe discendere che la Tettonica a zolle non sia scaturita dall'osservazione di processi geologici e dalla necessità di una teoria globale che mettesse insieme in un unico quadro

terpretation of the rock cycle through plate tectonics, which also allows an acceptable picture of the geological processes that have been occuring on our planet in the last 200 million years.
Chapters 3, 4 and 5 contain a description of the types of rock (igneous, sedimentary and metamorphic), their composition, and the processes they undergo. The basic concepts are exposed correctly and without indulgence in classification. The diagrams are often excellent and of great assistance for the comprehension of the text.
In chapter 6 the authors feel the need to inform the reader how geological time is measured, how techniques have been developed starting with the first calculations made by the evaluation of the speed of sedimentation to the determination of the age of the earth and the solar system by radioactive methods.
The next section is an interpretation of surface phenomena (volcanos, earthquakes, etc.) that originate deep in the earth. In chapters 7 to 12 the authors discuss the forces that deform rocks and that cause earthquakes, the composition of the inside of the earth, the spreading of the ocean floor, plate tectonics and the continental drift. The chapter on forces is excellent. Without mathematical formulae, the authors succeed in giving the reader a clear idea about stresses and on how, according to their distribution, they cause various types of faults. All this is done using very informative drawings and photographs. It seems wrong for the chapter « Geology of the Continents » (11) to follow « Plate Tectonics » (Chapter 10). In fact, in the text, the evolution of the continents is explained according to the model of plate tectonics, but one should recall that the geology of continental masses contributes to the elaboration of the model. Nevertheless, neither effect precedes the other. Otherwise it could appear that plate tectonics did not come from the observations of geological processes and from the need for a global theory that would create a single coherent picture of processes that seem entirely distinct (earthquakes, volcanos, mountain

coerente processi apparentemente del tutto distinti (terremoti, vulcani, catene montuose, espandimento dei fondi oceanici).
Anche la collocazione del capitolo 12 sulla deriva dei continenti non è corretta dal punto di vista pedagogico. Evidentemente gli autori dopo aver discusso della Tettonica a zolle e dell'espandimento dei fondi oceanici, che mostrano un'età inferiore a 200 milioni di anni (l'acqua degli oceani è più antica della struttura che la contiene), sentono la necessità di ricostruire la storia geologica prima del verificarsi della separazione dei continenti.
Nei capitoli 13, 14 e 15 si descrive l'evoluzione del paesaggio. L'argomento qui trattato è di geomorfologia; si discute delle forze interne e di quelle esterne che, agenti per lunghi intervalli di tempo, producono la forma del paesaggio attuale.
Due capitoli (16 e 17) sono dedicati ai materiali utili per le costruzioni ed i minerali commerciali, nonché alle fonti energetiche convenzionali ed alternative e/o complementari. Sono richiamati brevemente i processi geologici che hanno determinato la formazione di minerali e combustibili dando un accenno anche alle tecniche geofisiche e geochimiche per la loro ricerca.
L'ultimo capitolo è dedicato agli altri corpi solidi del sistema solare. Il recente sviluppo delle tecniche di esplorazione del sistema solare ha consentito di rilevare che i principi della geologia sono applicabili anche ad altri corpi celesti (Luna, Marte, Mercurio, ecc.), così si può giustamente parlare di Scienza Planetaria piuttosto che di Scienza della Terra quando si usa il termine geologia. Qui gli autori danno un giusto riconoscimento a Grove Karl Gilbert che per primo nel 1893 osservava la Luna con l'intento di comprendere la struttura geologica.
Il libro si conclude con alcune Appendici sulle proprietà dei minerali, con una tabella degli elementi chimici e con alcune tabelle di conversione. Questa scelta ci sembra felice perché aggiunge ulteriori informazioni (specie per i minerali) senza appesantire il testo. Infine il libro è fornito di un Glossario, che ci sembra un ottimo complemento, e di pro-

chains and spreading of the ocean floor).

From the pedagogical viewpoint, the placement of Chapter 12 on continental drift is also incorrect. Evidently after having discussed plate tectonics and the spreading of ocean floors, which demonstrate the sea floor's age as less than 200 million years (the water of the oceans is more ancient than the structure that contains it), the authors feel a need to reconstruct geological history before verifying the separation of the continents.
Chapters 13, 14 and 15 describe the evolution of the land. The subject handled here is geomorphology. The authors discuss the internal and external forces which, after acting for long periods of time, produce the present land forms.
Two chapters (16 and 17) are devoted to useful construction materials and commercial minerals as well as conventional and alternative and/or complementary energy sources. The authors briefly recall the geological process that determined the formation of minerals and fuels and they also mention geophysical and geochemical techniques for research on them.

The last chapter is devoted to the solid bodies of the solar system. The recent development of techniques for the exploration of the solar system have led to the realization that the principles of geology are also applicable to celestial bodies (the Moon, Mars, Mercury, etc.). Thus one is correct in speaking of Planetary Sciences rather than Earth Sciences when one uses the term geology. Here the authors give just recognition to Grove Karl Gilbert who in 1893 was the first man to observe the Moon with the intent to understand geological structure.
At the end of the book there are several appendices on the properties of minerals, a table of the chemical elements and some conversion tables. This seems a good choice of material as it adds further information to the book (especially on minerals) without detracting from the text. Finally, the book contains a glossary that seems an excellent

blemi e di indicazioni bibliografiche che sono indicate come 'letture suggerite' alla fine di ciascun capitolo. Per quanto riguarda i problemi (le soluzioni sono riportate nel testo) è da dire che questi non sempre sono facilmente risolvibili ed in genere si devono introdurre calcoli non previsti nel testo. L'elenco bibliografico, poi, non può essere considerato come un elenco di letture da suggerire ad uno studente in quanto spesso si tratta di lavori scientifici originali che presentano spesso un livello di difficoltà notevolmente superiore a quello incontrato nel testo.
Al di là dei limiti indicati questo libro ha molti pregi e pertanto è raccomandato ai geologi per un corso introduttivo alla geologia; agli studenti di Scienze Naturali che vogliono crearsi una conoscenza elementare nelle Scienze della Terra; agli studenti delle Scuole Medie Superiori, dopo averne apportato alcuni tagli al testo originale per renderlo più agile; ed infine è uno strumento indispensabile per amministratori ed uomini politici che vogliono affrontare in modo corretto problemi di assetto del territorio.

complement to the work, and also has problems and bibliographical information labeled as 'suggested reading' at the end of each chapter. As for the problems, (the solutions are given in the text) one should point out that they are not always easy to solve and generally require calculations that are not mentioned in the text. The bibliographical material cannot be considered as 'suggested reading' for students in that it often contains original scientific papers that are at a considerably higher level than the text.

Aside from these limitations, this book has many good qualities and is recommended to geologists for an introductory course in geology. It would also be suitable for students of Natural Sciences who want to acquire a basic knowledge of Earth Sciences and for high school students, if it were edited to make it easier. Finally it is an indispensable tool for administrators and politicians who want to handle problems of land use correctly.

GIUSEPPE LUONGO

JÖRESKOG, K. G., KLOVAN, J. E.
and REYMENT, R. A.

Geological Factor Analysis

Series: Methods in Geomathematics, Vol. 1
Elsevier Scientific Publishing Company,
Amsterdam, 1976
XII + 178 pp., tables, Dfl. 60,—

Lo sviluppo storico della Geologia è stato quello di una scienza impostata fondamentalmente su basi qualitative, e le diverse generazioni di geologi hanno conseguentemente adottato modelli dello stesso tipo seguendo una filosofia di ricerca e di rappresentazione della realtà nella quale il ruolo

Historically, geology developed basically as a qualitative science. As a consequence, generations of geologists have adopted similar models, following a philosophy of research and representation of reality in which the role of mathematics has been practically irrelevant. This is because it was limited to

della Matematica è stato praticamente irrilevante perchè limitato solo a problemi con finalità molto particolari; tale situazione la si può osservare frequentemente ancora ai nostri giorni.

Negli ultimi trenta anni si è però venuto a creare uno stato di necessità derivante dall'acquisizione di un numero sempre più rilevante e vario di dati e dalla conseguente opportunità di mettere a punto strumenti matematici atti all'analisi ed alla elaborazione di grandi quantità di informazioni.
Sebbene i Geologi spesso continuino ad offrire notevole resistenza all'adozione di metodologie analitiche, si deve osservare che la via per un'applicazione sempre più vasta della Matematica alle Scienze della Terra è ormai aperta, ciò essendo stato anche favorito dalla facile disponibilità di elaboratori elettronici capaci da un lato di trattare con poca spesa ed a grande velocità grosse quantità di dati, e dall'altro suscettibili di essere utilizzati anche da non specialisti, grazie alla messa a punto di sistemi operativi sofisticati e di linguaggi di programmazione di elevato livello.

Dati geologici, sedimentologici, geochimici, petrologici, paleontologici, climatologici ecc., se opportunamente trattati attraverso adeguate procedure analitiche e statistiche, forniscono una base più completa ed oggettiva all'interpretazione geologica ed alla conseguente costruzione di modelli.
La Geomatematica è la disciplina che ha per finalità l'individuazione delle metodologie analitico-statistiche che meglio contribuiscono alla risoluzione di problemi geologici; pertanto essa si serve dei risultati dell'Analisi matematica, dell'Algebra delle matrici, della Geometria, della Teoria delle probabilità, della Statistica e, perché no, della Teoria dell'Informazione.
In ogni problema geomatematico vi sono tre punti fondamentali che, in sequenza logica, sono:
a) individuazione, quantizzazione e misura delle variabili geologiche;
b) ricerca delle equazioni che costituiscono

problems with a very specific end. This situation can still be observed today.

However, in the last thirty years a state of need has arisen as a result of the acquisition of an increasingly significant and varied amount of data and the consequent opportunity to establish mathematical instruments appropriate for the processing of great quantities of information. Although geologists often continue to offer considerable resistance to the adoption of analytical methods, one must note that the path toward broader application of mathematics to earth sciences is now open. This path has also been favored due to the ready availability of electronic computers that, on one hand, can deal with vast quantities of data at little expense and great speed. On the other hand, they can also be used by non-specialists, thanks to the development of sophisticated operating systems and a high level of programming languages.

Geological, sedimentological, geochemical, petrological, paleontological and climatological data, if well handled through adequate analytical and statistical procedures, provide a more complete and objective basis for geological interpretation and the consequent construction of models.
Geomathematics is the discipline whose goal is to define the analytical-statistical methods that can best contribute to the solution of geological problems. Therefore it uses the results of mathematical analysis, of matrix algebra, of geometry, of probability theory, of statistics and of the theory of information.
The following are the fundamental points, in logical order, found in all geomathematical problems:
a) definition and establishment of the quantity and measure of geological variables;
b) research on the equations that create the geological model;
c) verification that the values of geological parameters, provided by the model are compatible with those observed and, in the case of several models, the choice of the one that

il modello geologico;
c) verifica che i valori dei parametri geologici forniti dal modello siano compatibili con quelli osservati e, in caso di più modelli, scelta di quello più aderente alla realtà osservata.
La possibilità di ottenere relazioni lineari significative tra le variabili di un modello è complicata dal fatto che i valori dei parametri oggetto di misura sono molto spesso notevolmente dispersi per varie cause; si pone pertanto il problema di eliminare, nelle variazioni di ciascuna variabile, il cosiddetto '*noise*', potendosi così meglio individuare le relazioni tra i parametri del sistema.
È questo un esempio di problematica che si presenta frequentemente nei problemi geologici, e che può essere utilmente affrontata e risolta mediante una metodologia geomatematica nota con il nome di '*factor analysis*'.
Nell'accezione più generale il termine '*factor analysis*' individua l'insieme dei metodi, prevalentemente statistici, atti ad analizzare le relazioni esistenti tra le variabili di un sistema. Questi metodi hanno tutti in comune la individuazione di poche variabili ipotetiche, dette fattori, che contengono le informazioni essenziali per la descrizione di un modello complesso. Si è trovato, ad esempio, che varie proprietà delle rocce possono essere sintetizzate da 'fattori' che risultano essere strettamente connessi ai processi chimici e fisici che hanno interessato il processo di litogenesi.
Lo scopo del libro che qui si recensisce, primo di una serie intitolata '*Methods in Geomathematics*', è quello di introdurre coloro che operano nel campo delle Scienze della Terra, all'uso di tale potente tecnica di analisi dei dati, fornendo loro altresì anche quei concetti matematici e statistici necessari alla comprensione dell'argomento. L'opera, frutto della collaborazione tra due geologi ed un esperto di statistica, tratta l'argomento in modo da poter essere accessibile a qualsiasi studente universitario di Scienze Geologiche, senza ricorrere a sofisticati algoritmi matematici, pur non rinunciando ad un buon livello di rigore scientifico.
Il volume si articola in 7 capitoli dei quali

most closely adheres to observed reality.
The possibility of obtaining significant linear relations between the variables of a model is complicated by the fact that the values of parameters of the object being measured quantities are often greatly scattered for various reasons. Thus one has the problem of eliminating the 'noise' in the variations in each variable in order to better define the relation between the parameters of the system.
This is an example of the uncertainties that one often confronts in geological problems and which can be effectively handled and solved using the geomathematical method known as 'factor analysis'.

The term 'factor analysis' generally means the collection of mainly statistical methods suitable for analyzing the relations between the variables in a system. These methods have in common the definition of a few hypothetical variables, called factors, that contain the essential information for describing a complex model. For example, it has been found that various properties of rocks can be summarized by 'factors' that prove to be closely connected to chemical and physical processes that have been involved in the process of lithogenesis.

The aim of this book, the first in a series called '*Methods in Geomathematics*', is to introduce those working in the field of earth sciences to the use of this powerful technique for analysis of data. It should also provide them with the mathematical and statistical concepts necessary for understanding the subject. This work, the product of collaboration among two geologists and an expert in statistics, treats the subject so as to make it accessible to any university student of the geological sciences. Though it does not require knowledge of sophisticated mathematical algorithms it maintains a high level of scientific rigor.

The volume is divided into 7 chapters. The second is devoted to recalling fundamental concepts of mathematics and statistics need-

il secondo è dedicato al richiamo dei concetti fondamentali di matematica e statistica necessari per affrontare la lettura dell'opera, mentre l'ultimo è dedicato interamente ad esempi di applicazione della *factor analysis* a problemi geologici.
Una ampia ed aggiornata bibliografia conclude quest'opera, che costituisce, a nostro giudizio, una ottima introduzione al trattamento matematico dei dati geologici.

ded to handle the reading of the work, while the last is entirely devoted to examples of applications of factor analysis to geological problems.
The work, which ends with a vast and up-to-date bibliography makes, in my view, an excellent introduction to the mathematical treatment of geological data.

GENNARO CORRADO

ZUSSMAN, J. (ed.)

Physical Methods in Determinative Mineralogy

Academic Press, London, 1977 (2nd Ed.)
xiv + 720 pp., figs. and tables, £ 23.50

A dieci anni di distanza dalla prima, J. Zussman presenta la seconda edizione di questo testo dedicato alla determinazione dei minerali mediante metodi fisici, edizione riveduta e notevolmente ampliata. Lo studio dei materiali attraverso le loro proprietà fisiche fornisce informazioni che vanno oltre i dati forniti dai metodi più strettamente chimici, metodi che nel campo dei minerali e rocce silicatici — oggi i più studiati — risultano tra l'altro piuttosto laboriosi. Con metodi basati essenzialmente sulle proprietà fisiche si può ad esempio determinare in quale fase si presenta un elemento o un composto, se questa fase è ordinata o disordinata, il suo grado di cristallinità, la purezza e la perfezione di crescita dei monocristalli, lo stato di valenza di un elemento in una data fase, la composizione isotopica. Le metodologie trattate sono: Separazione dei minerali, Microscopia in luce trasmessa e riflessa (quest'ultima molto ampliata rispetto alla prima edizione), Analisi automatica delle immagini ottiche e prodotte da raggi X indotti mediante eccitazione elet-

Ten years after the first edition, we have the second edition of J. Zussman's book on the determination of minerals by physical methods. This edition is revised and considerably expanded over the first one. The study of materials through their physical properties provides information that goes beyond the data provided by more strictly chemical methods, methods which in the field of silicate minerals and rocks — the most studied types today — are quite laborious. With methods based essentially on physical properties, one can, for example, determine the phase of an element or compound, find out if it is in an ordered or disordered phase, determine its degree of crystallinity, establish the purity and the perfection of the growth of monocrystals, determine the valency state of an element in a given phase, and its isotopic composition.
The methods handled are as follows: separation of minerals; microscopy in transmitted and reflected light (the latter is covered much more fully in this edition than in the

tronica (una tecnica che promette notevoli risultati nello studio delle distribuzioni dei minerali in sezioni sottili o lucide, il quale non aveva più subìto sostanziali rinnovamenti — specie per quanto riguarda velocità ed attendibilità nell'esecuzione delle osservazioni — praticamente da quando Thompson nel 1930 aveva introdotto il conteggio per punti), Fluorescenza a raggi X (tecnica che negli ultimi anni ha subìto notevoli affinamenti, sostituendo in larga misura la spettroscopia di emissione nel campo del visibile, che in questa edizione non viene più trattata), Analisi mediante Microsonda elettronica, Analisi mediante attivazione neutronica (argomento omesso nella prima edizione principalmente in considerazione della scarsità — dieci anni orsono — di laboratori convenientemente attrezzati), Spettroscopia in assorbimento atomico, Metodologie basate sulla diffrazione dei raggi X (questo capitolo è trattato dallo stesso Zussman), Microscopia elettronica e Diffrazione elettronica, Spettroscopia I.R., Tecniche termiche (DTA, TG, DTG, EGA, ETA), Tecniche di determinazione dei pesi specifici, Tecniche radiografiche per misure di radioattività.

Ogni capitolo è corredato da una vasta bibliografia che supera complessivamente i 1500 titoli. Si tratta quindi di un manuale delle più moderne tecniche di analisi di materiali allo stato solido, utile sia a tutti coloro che studiano rocce e minerali (geologi, geochimici, mineralisti) che a chi si occupa di tecnologia dei materiali, dato che le medesime tecniche si applicano a vetri, cementi, materiali ceramici e refrattari, metalli. Ognuno dei metodi di analisi è preceduto da una esposizione dei principi teorici di base, esposizione meno estesa per quelli che ormai si possono considerare classici, quali ad esempio la Microscopia ottica e la Diffrattometria a raggi X, più approfondita per quelli che solo recentemente hanno acquistato importanza pratica come strumento di analisi dei materiali.

Il volume raggiunge lo scopo prefissato, cioè presentare al lettore, per ciascun metodo

first); automatic analysis of optical images and those produced by X-rays induced by electron excitation (this technique promises great results in the study of the distribution of minerals in thin or polished sections; the field had not undergone any substantial improvements [particularly with regard to the speed and reliability in the execution of observations] since Thompson devised the point — counting technique in 1930); fluorescence by X-rays (a technique that recently has undergone considerable refinement, replacing to a large extent emission spectroscopy in the visible range, which is not handled in this edition); analysis by electron — probe microanalysis; analysis through neutron activation (a topic omitted in the first edition mainly because of the scarcity, ten years ago, of appropriately equipped laboratories); atomic absorption spectroscopy; methods based on ray diffraction (this chapter is handled by Zussman); electron microscopy and electron diffraction; I.R. spectroscopy; thermal techniques (DTA, TG, DTG, EGA, ETA): techniques for the determination of specific gravity; and radiographic techniques for measurement of radioactivity.

Each chapter is accompanied by a vast bibliography that, in all, covers more than 1500 titles. Thus, here we have a manual of the most modern techniques for the analysis of materials in the solid state. It is useful for all those who study rocks and minerals (geologists, geochemists, mineralogists) and also for those who deal in technology of materials since the same techniques can be applied to glass, cement, ceramic and refractory materials and metals. Each of the methods of analysis is preceded by an exposition of the basic theoretical principles. Brief explanations are given for methods that now are considered classic, such as optical microscopy and X-ray diffraction, and more detailed explanations are given for techniques that only recently have gained importance as practical tools for analysis of materials.

This work achieves its stated purpose. For each method handled, it presents the reader

trattato, le basi teoriche, le procedure di laboratorio, le strumentazioni più recenti, gli scopi e le limitazioni, qualche esempio di applicazione, ed una notevole guida bibliografica.

with the theoretical bases, the laboratory procedures, the most recent instrumentation, aims and limitations, some examples of applications and a considerable bibliographical guide.

ANTONIO DELLA GIUSTA

WOOD, B. J. and FRASER, D. G.

Elementary Thermodynamics for Geologists

Oxford University Press, Oxford, 1976
xiii + 303 pp., tables, £ 2.95

Le applicazioni della termodinamica alle Scienze della Terra sono andate acquistando un ruolo sempre più importante negli ultimi anni. Oggi la termodinamica costituisce uno degli strumenti fondamentali per lo studio della genesi e differenziazione dei magmi, dei processi metamorfici, dell'evoluzione della crosta terrestre e di tutti quei processi geologici che possono essere descritti mediante reazioni chimiche.
Il libro di Wood e Fraser, edito dalla Oxford University Press, si rivolge soprattutto agli studenti dei primi anni del corso di Geologia, introducendoli ai principi fondamentali della termodinamica ed inducendoli immediatamente alla loro applicazione nell'interpretazione e quantizzazione dei fenomeni geologici. Esso, scritto in forma chiara e di facile comprensione, è accessibile anche a coloro che non hanno una specifica competenza nella termodinamica classica.
Il testo dovrebbe essere usato, come giustamente suggeriscono gli autori, come un '*work shop manual*' in cui si può trovare la chiave per il giusto approccio ad una grossa parte dei problemi geologici. Esso comprende una prima parte introduttiva, tendente alla enunciazione e definizione dei principi fondamentali della termodinamica ed al calcolo delle condizioni di equilibrio per sistemi multicompetenti. Seguono poi l'introduzione dei 'Geotermometri e dei Geo-

The applications of thermodynamics to the Earth Sciences have been assuming an ever more important role in recent years. Today thermodynamics constitutes one of the fundamental instruments for the study of the genesis and differentiation of magma, the metamorphic processes, the evolution of the earth's crust and all those geological processes that can be described by means of chemical reactions.
The present volume is mainly intended for students of the first years of the Geology course, introducing them to the fundamental principles of thermodynamics and introducing them immediately to their application in the interpretation and quantisation of geological phenomena. Written in a clear and easily comprehensible form, it is also accessible to those that have no specific competence in classical thermodynamics.
As the authors rightly suggest, the text should be used as a 'workshop manual' in which can be found the key for the correct approach to a large proportion of geological problems. It comprises an initial introductory part, in which the authors state and define the fundamental principles of thermodynamics and show how to calculate the conditions of equilibrium for multi-component systems. The following chapters are devoted to: the introduction of 'geo-thermometers and geo-barometers' for the deter-

barometri' per la determinazione delle condizioni fisiche agenti durante la cristallizzazione delle rocce, le proprietà termodinamiche dei fluidi silicatici, la descrizione del comportamento degli elementi in traccia durante vari tipi di processi geologici, le proprietà termodinamiche dei gas. L'ultimo capitolo è dedicato alle metodologie sperimentali per la determinazione dei parametri termodinamici.
In appendice ad ogni capitolo sono suggeriti facili problemi la cui soluzione permette l'applicazione della termodinamica a problemi geologici.
Attualmente nei corsi di Geologia tenuti presso le Università Italiane alla termodinamica non è dato il ruolo che le compete. È auspicabile che in futuro essa venga adoperata nello studio delle Scienze della Terra ed il testo di Wood e Fraser può essere considerato come un ottimo punto di partenza perché tale inserimento avvenga già al livello dei primi anni del corso di laurea in Scienze Geologiche.

mination of the physical conditions acting during the crystallisation of the rocks, the thermodynamic properties of silicate fluids, a description of the behaviour of trace elements during various types of geological process, and the thermodynamic properties of gases. The last chapter is devoted to the experimental methods for determining thermodynamic parameters.
In an appendix to each chapter the authors suggest easy problems involving the application of themodynamics to geological problems.
At present, in the geology courses of Italian universities, thermodynamics is not accorded the place that it deserves. It is to be hoped that in the future it will be used in the study of the Earth Sciences, and this volume may be considered as an excellent starting-point for prompting its inclusion in the first years of the degree course in Geological Sciences.

LUCIA CIVETTA

BURTON, J. D. and LISS, P. S. (eds.)

Estuarine Chemistry

Academic Press, London, 1976
XII+229 pp., figs. and tables, £ 8.00

L'importanza degli estuari è notevole da differenti punti di vista. Questo tipo di ambienti è infatti di alto interesse scientifico e pratico per i geochimici acquatici, come zona di transizione capace di intervenire, mediante i processi che vi accadono, in modo determinante nei principali cicli sedimentari della materia; per i biologi, poiché gli estuari sono zone ad alta produttività biologica e sede tradizionale di sfruttamento di organismi marini, attraverso la pesca e l'acquacultura; e infine per gli ecologi che si occupano di problemi ambientali, poiché le acque dei fiumi vengono usualmente utilizzate come veicolo di scarichi domestici ed industriali e gli estuari rappresentano il

Estuaries are of considerable importance from various points of view. In fact, this type of environment is of great scientific and practical interest for aquatic geo-chemists as an area of transition capable of intervening, through the processes that occur, in a decisive manner in the main sedimentary cycles; for biologists, as areas of high biological productivity and the traditional site of the exploitation of marine organisms, through fishing and aquaculture; and for ecologists concerned with environmental problems, since river waters are generally used as a vehicle of domestic and industrial discharge of waste products and the estuaries represent the place of entry of the latter

luogo di entrata di questi ultimi nell'ambiente marino, ecosistema delicato e ultimo recapito di molti rifiuti.
Uno sviluppo di conoscenze scientifiche nella disciplina menzionata richiede però un sottofondo preciso ed ampio di informazioni chimiche e il libro recensito è in grado di fornirle.
Solo recentemente si è avuto un aumento di interesse, misurabile attraverso l'apparizione di diversi eccellenti libri, per i problemi scientifici relativi alla chimica dell'acqua e alla chimica dell'acqua nei sistemi acquatici naturali. Questi libri hanno esaminato e sintetizzato un notevole corpo di conoscenze, ma il problema della chimica degli estuari non era ancora stato trattato in maniera sistematica.
Il testo è basato su lezioni tenute ad un incontro sui problemi della chimica degli estuari sotto gli auspici dell''Estuarine and Brackish-Water Sciences Association' e dal 'Marine Chemistry Discussion Group'. Tali lezioni furono tenute ad altri specialisti da scienziati operanti nel settore. Questo elemento già fornisce una indicazione sul livello di informazione e sui contenuti scientifici dell'opera. Le citazioni bibliografiche che si possono trovare alla fine di ogni capitolo raramente si riferiscono ai lavori precedenti il 1970. Vengono messi insieme approcci disparati ovvero con diversi punti di vista, con lo scopo di fornire una visione critica d'insieme delle informazioni scientifiche disponibili in questo momento.
Da un punto di vista chimico, un estuario può essere semplicemente definito come un ambiente nel quale l'acqua di mare viene diluita con acqua dolce che proviene dal bacino di drenaggio. Le influenze principali sui processi chimici negli estuari sono perciò immediatamente correlate a variazioni di gradiente associate alla diluizione.
Questa definizione che si trova nel primo capitolo « Proprietà elementari e processi nella chimica degli estuari » è il filo conduttore anche per gli altri sei in cui si articola il volume.
I vari capitoli però, pur essendo all'incirca della stessa dimensione, non hanno tutti

into the marine environment, a delicate ecosystem and the final depository of great quantities of refuse.
However, if one is to increase one's knowledge in this subject, one requires an extensive fund of chemical information, and this is just what the present volume is able to provide.
Only recently there has been an increase of interest, measurable through the appearance of various excellent books on the scientific problems relative to aquatic chemistry itself and in natural aquatic systems. These books have been concerned with a considerable amount of knowledge, but the problem of the chemistry of estuaries had not yet been dealt with systematically.
The present text is based on lectures delivered at a meeting on the problems of the chemistry of estuaries, held under the auspices of the 'Estuarine and Brackish-Water Sciences Association' and the 'Marine Chemistry Discussion Group'. The lectures were given to other specialists by scientists working in the sector. This fact already gives an indication of the level of information and scientific content of the work. The bibliographical quotations found at the end of each chapter rarely refer to works published before 1970. Different approaches or different points of view are juxtaposed, with the intention of giving an overall critical view of the scientific information available at the present time.
From a chemical point of view, an estuary may be simply defined as an environment in which sea water is diluted with fresh water from the catchment basin. The main influences on the chemical processes in estuaries are therefore immediately correlated with variations in gradient associated with the dilution.
This definition, which is given in the first chapter « Basic properties and processes in estuarine chemistry», is also the connecting thread that runs through the other six chapters in the volume.
However, though the various chapters are all about the same length, they do not all have the same value and structure. The

uguale valore e identiche strutture. Il primo ad esempio è una ottima introduzione ai problemi della chimica degli estuari e ne fornisce un quadro generale ed esauriente; degna di nota è la sintetica discussione sulla speciazione degli elementi disciolti nelle acque degli estuari.
Di tipo generale sono anche altri capitoli quali quello, ampio ed esauriente, sui processi organici che avvengono negli estuari; quello sui processi di sedimentazione, forse troppo scarno, ed il quarto, interessante e di buon livello, sul comportamento conservativo, oppure non-conservativo, di alcuni elementi disciolti durante il mescolamento delle acque dolci e marine.
Una esposizione soprattutto di tipo metodologico, ma con attenzione anche a problemi della contaminazione ambientale, viene sviluppata nel capitolo relativo all'uso di traccianti radioattivi in questo tipo di studi.
Più incentrati sulla discussione di casi concreti sono i capitoli che riguardano i processi che influenzano il comportamento dei metalli pesanti nei sedimenti degli estuari e quello, che è una vera e propria esposizione di una ricerca, sui processi chimici in un estuario che riceve un alto carico di sostanze inquinanti sia di origine domestica che industriale.

first, for example, is an excellent introduction to the problems of estuarine chemistry and gives an exhaustive general survey; particular mention may be made of the synthetical discussion on the speciation of the elements dissolved in the waters of estuaries.
There are also other chapters of a general type, such as the extensive and complete chapter on the organic processes that occur in estuaries, as well as the one on sedimentation processes and the interesting and informative chapter on the conservative, or non-conservative, behaviour of certain elements dissolved during the mixing of fresh and sea water.
Mainly methodological, though devoted also to problems of environmental contamination, is the account given in the chapter on the use of radioactive tracers in this type of study.
Actual cases are discussed in the chapters regarding the processes that influence the behaviour of heavy metals in the sediments of estuaries, and in the chapter (an actual account of a piece of research) on the chemical processes in an estuary that receives a large quantity of polluting substances of both domestic and industrial origin.

DAVIDE CALAMARI

COLEMAN, R. G.

Ophiolites

Ancient Oceanic Lithosphere
Series: Minerals and Rocks, Vol. 12
Springer-Verlag, Berlin, 1977
IX + 229 pp., tables, DM 68,—

Ofioliti è nome ora piuttosto ambiguo di rocce, sotto certi aspetti, paradossali. Il nome (grecizzato scientificamente secondo l'uso del tempo) era stato dato nel primo '800 alle rocce serpentinose: ora viene usato estensivamente per tutto un complesso di rocce, prevalentemente ultrabasiche endogene, in

Ophiolites is a rather ambiguous term for rocks that, in certain aspects, are paradoxical. The term (scientifically made Greek according to the custom of the times) was given in the early 1800's to serpentine rocks. Today is is used extensively for a whole complex of rocks. They are mainly endoge-

parte metamorfiche, ma anche molto più acide, ed anche sedimentarie e metallifere. Le singolari caratteristiche di composizione, strutturali, di giacitura alloctona, la posizione geologica e geografica degli affioramenti sempre in corrispondenza di fasce orogenetiche, sono state già da tempo ragioni di particolare studio di queste rocce. L'interesse è ancora cresciuto da quando si è sviluppata la teoria della tettonica a placche del Globo, in quanto si tende ora a considerare le ofioliti come rappresentanti di una antica crosta oceanica, in parte metamorfosata, tettonicamente implicata entro sedimenti continentali per subduzione entro (od anche obduzione sopra) le fosse che constituiscono uno degli elementi caratteristici della tettonica a placche.

Nel suo libro R. G. Coleman sintetizza da questo punto di vista i più recenti studi, ai quali egli ha contribuito da più di un decennio.

In una prima parte è chiarito ciò che ora si intende in generale per ofioliti (successione, dal basso, di peridotiti, metamorfiche e non, cumuliti, gabbri, filoni basici ed acidi, diabasi, pillow-lavas, mineralizzazioni (specie cuprifere e cromifere, e qualche volta radiolariti). Nella seconda parte vengono esposte le ragioni della interpretazione del complesso ofiolitico come relitto di antica crosta oceanica, senza, tuttavia, tacere le incertezze che possono ancora esistere nell'accettare questa interpretazione. La parte seguente, la più estesa, è dedicata all'analisi particolareggiata, dal punto di vista strutturale, mineralogico, petrografico e chimico delle rocce endogene (basiche ed acide) del complesso; le due parti seguenti prendono brevemente in esame le rocce metamorfiche, sia quelle del complesso, sia quelle al contatto di esso. Due altre parti sono dedicate a sommarie considerazioni sulle condizioni geologiche che si osservano negli affioramenti di ofioliti e nei sedimenti a contatto, e sui possibili meccanismi tettonici di messa in posto del complesso. L'ultima parte analizza dal punto di vista geologico, tettonico e petrologico le ofioliti di quattro regioni: Bay of Islands, Terranova; Troodos, Cipro; Semail, Oman e

nous ultrabasic ones, partly metamorphic, but also include more acid ones and some sedimentary and metalliferous ones. The individual characteristics of their composition, structure, allochthonous situation, the geological and geographic position of the outcrops in relation to orogenic zones, have long been reasons for a special study of these rocks. Interest in them has increased since the development of the theory of global plate tectonics; there is now the tendency to consider ophiolites as representatives of an ancient oceanic crust that was partly metamorphosed, and tectonically implicated between continental sediments by subduction into (or also obduction over) the trenches that constitute one of the characteristic elements of plate tectonics.

In his book, R. G. Coleman synthesizes the most recent studies, to which he has contributed for over a decade.

In the first part, the general meaning of ophiolites is clarified (succession, from below, of metamorphic and non-metamorphic peridotites, cumulites, gabbros, basic and acid dykes, diabases, pillow-lavas, cupriferous and chromiferous ores, and sometimes radiolarites). The second part explains the reasons for the interpretation of the ophiolite complex as a relic of an ancient oceanic crust, though it does not silence the uncertainties that may still exist about the acceptance of the interpretation. The next and largest section, is devoted to a detailed analysis from the structural, mineralogical, petrographical and chemical standpoint, of the endogenous (basic and acid) rocks of the complex. The next two parts briefly examine metamorphic rocks both of the complex and those in contact with it. Two other sections are devoted to brief considerations on the geological conditions that are observed in the ophiolite outcrops and in the sediments in contact with them, and on the possible tectonic mechanisms of emplacement of the complex. The last part analyzes, from the geological, tectonic and petrological standpoint, the ophiolites from four regions: Bay of Islands, Newfoundland; Troodos, Cyprus; Semail, Oman; and Eastern Papua,

Papuasia orientale, Nuova Guinea.
Come è logico, l'A. presenta dati sui quali pensa possa meglio basarsi l'interpretazione che ritiene verosimile. Appare quindi giustificato discutere scelta dei dati ed interpretazione. Così, degli esempi finali il primo è di età per la quale la tettonica a placche è ancora in discussione, il secondo ed il terzo riguardano regioni che si trovano in posizione eccentrica rispetto alla Thetys, alla cui evoluzione dovrebbero essere legati, mentre l'ultimo sembra piuttosto riguardare un arco insulare. Rimane poi da conoscere come l'A. interpreta la grande prevalenza ed estensione delle serpentine nelle Alpi e negli Appennini, mentre di quelle rocce non è fatto cenno nell'analisi dei quattro esempi, e poche pagine sono ad esse dedicate in quella delle rocce del complesso. Altri dubbi rimangono sulla validità dell'inclusione, in uno stesso complesso, di rocce alcune delle quali — anche ammessa l'origine poligenetica giustamente messa in luce dal Coleman — sono probabilmente estranee al complesso, od appartengono a complessi di età differente.
Tuttavia, anche così, il libro costituisce un importante contributo allo studio delle ofioliti, e le diciannove pagine nelle quali sono elencate le pubblicazioni (in gran parte recenti) di cui l'A. si è valso mostrano lo scrupolo con cui si è documentato (non si comprende, però, perchè non abbia preso in considerazione una delle più importanti opere sulle ofioliti, quella di Burri e Niggli). In ogni caso è doveroso apprezzare l'obiettività dell'A., il quale riconosce che per giungere ad una più soddisfacente conoscenza del problema delle ofioliti e delle loro relazioni coll'orogenesi molte ricerche (in ogni campo) sono ancora necessarie.

New Guinea.
As one might logically expect, the author presents data that provide the best basis for the interpretation that he regards as possible. Thus it seems justified to discuss the choice of data and interpretations. Of the four examples, the age of the first brings in question its relation with plate tectonics. The second and third concern regions that are in eccentric positions with respect to the Thetys, to whose evolution they should be linked; while the last seems to concern an insular arc. It remains to be seen how the author interprets the great prevalence and extension of serpentine in the Alps and Apennines while no mention of these rocks is made in the analysis of the four examples, and few pages are devoted to them in the analysis of the rocks of the complex. Other doubts regard the validity of including, in the same complex, rocks that (even admitting their polygenic origin, rightly brought to light by Coleman) are probably foreign to the complex and belong to complexes of a different age.
Nevertheless, the book is an important contribution to the study of ophiolites, and the nineteen pages of bibliography (mostly recent) used by the author, show the care in documentation. (However, it is not clear why he did not consider one of the most important works on ophiolites, the one by Burri and Niggli). In any case, one must appreciate the author's objectivity. He realizes that to achieve a more satistactory understanding of the problem of ophiolites, and their relationship to orogenesis, much research (in all fields) is still necessary.

ARTURO DEBENEDETTI

ELDER, J.

The Bowels of the Earth

Oxford University Press, Oxford, 1976
XI + 222 pp., figs. and tables, £ 6.00

Si tratta di un libro di agevole lettura che potremmo definire di 'macrogeologia' in quanto si propone di trattare i processi generali che avvengono nella Terra, ed è quindi un'utile organizzazione e sintesi di conoscenze al fine di impostare una visione, non tanto di ciò che avviene limitatamente alle zolle crostali, ma piuttosto nell'intero pianeta. La strategia seguita consiste nel restringere sempre più il campo di indagine dalla Terra nel suo insieme (paragonata ad un '*global jam-pot*'), alla descrizione di particolari fenomeni superficiali come i sistemi idrotermali ('*crustal boiler*').
Partendo così da condizioni sperimentali via via più complesse e attraverso utili relazioni analitiche, viene sviluppata una rappresentazione della evoluzione della struttura globale della Terra e dei suoi processi attraverso gli indicatori fisici caratteristici come il raggio, il momento d'inerzia, l'energia, la gravità, viscosità, temperatura e permeabilità.
L'autore affronta tale trattazione usando metodicamente lo strumento offerto dai modelli di laboratorio attraverso opportune sequenze di scala; questi vengono concisamente descritti mediante la fluidodinamica, la quale ne costituisce la necessaria verifica metodologica. Si ha così occasione di comprendere come la Geologia di laboratorio sia uno strumento necessario per occuparsi di Macrogeologia.
Si è per esempio colpiti dalla sintesi operata per occuparsi della Terra, che manifesta varie proprietà meccaniche ed elastiche quando è sottoposta a vibrazioni ad alta (sismologia) o bassa (gravimetria) frequenza, della reologia delle rocce, delle forme di energia presenti, della segregazione del materiale nel suo interno, ecc. Viene inoltre messo in rilievo che è il mantello superiore che gioca, nel complesso, un ruolo determinante per i

Here is an easy to read book on what one can define as 'macrogeology' in that it deals with the general processes that take place in the earth. It provides a usefully organized synthesis of knowledge with the aim of presenting a view, not so much of what happens strictly on the earth's crust, but what occurs inside the planet. The plan followed consists of increasingly limiting the area of investigation from the earth as a whole (compared to a 'global jam-pot') to the description of particular surface phenomena such as hydrothermal systems ('crustal boiler').

Using experimental conditions of increasing complexity and through analytical connections, a picture of the evolution of the global structure of the earth and its processes is created. This is done through the characteristic physical indicators such as the radius, the moment of inertia, energy, gravity, viscosity, temperature and permeability.

The author handles this approach by methodically using the tools offered by laboratory models through appropriate scaling. These models are described accurately though fluid dynamics, which serves as the necessary methodological test. Thus one has the opportunity of understanding how laboratory geology is a necessary tool for dealing with macrogeology.

One is struck for example, by the synthesis used for studying the earth, which manifests various mechanical and elastic properties when it is subjected to vibrations at high (seismology) or low (gravimetry) frequency, for the rheology of rocks, for the forms of energy present, for the segregation of the material internally, etc. Another element emphasized is that the upper mantle, on the whole, plays a critical role in terrestrial

processi terrestri, e costituisce il *trait d'union* fra i fenomeni interni e quelli litosferici; si trova così che il modello convettivo non ha alternativa per giustificare il trasporto di masse nell'interno della Terra, e i gradienti termici di determinate zone.

A questo punto sarà bene mettere nel dovuto rilievo come l'Autore aiuti il lettore a rendersi conto che la cosiddetta 'teoria della tettonica a zolle' deve essere collocata in una più completa 'teoria della terra' che, allo stato della ricerca, non risulta ancora raggiunta.

La parte finale del libro si fa più analitica: viene introdotto uno studio del comportamento dei sedimenti, attraverso i classici esperimenti di Ramberg, e vengono affrontate questioni di vulcanologia. In particolare è presentato il concetto di sistema litotermale (definito per analogia con il sistema idrotermale), vengono delineate le condizioni ed i meccanismi che consentono la produzione e la struttura delle intrusioni di rocce vulcaniche, viene accennato uno studio *quantitativo* prima di un sistema vulcanico e poi di un campo geotermale. L'Autore è uno specialista di aree geotermali e fornisce in quest'ultima parte un'ottima introduzione al loro studio: utile lettura per chi si occupi di energia geotermica da un punto di vista economico.

Vale la pena, per concludere, fare un cenno al linguaggio usato nel testo in esame. È un linguaggio non solo semplice, il che lo rende per esempio un'utile esercitazione per lo studente che voglia far pratica d'inglese, ma anche, talora, fresco e vivace, grazie, tra l'altro, all'uso della metafora. Ciò lo rende piacevolmente leggibile da parte di tutti, specialmente da chi si trova ad affrontare certi 'difficili' linguaggi accademici. Per gli studenti di Geologia questo libro sarebbe consigliabile al primo anno, integrandolo con un opportuno corso di Fisica.

Si pone certo un problema editoriale molto importante, consistente nella esigenza di tradurre in italiano libri come questo (altri non ne mancano), cosa che appare sempre più indilazionabile in un paese dove mancano generalmente libri accettabili di Scienze della

processes and is the link between internal and lithospheric phenomena. Thus one finds that there is no alternative to the convection model to explain the transport of masses inside the earth, and the thermal gradients of certain zones.

At this point it is appropriate to point out how the author helps the reader realize that the so-called 'the theory of plate tectonics' must be inserted in a more complete 'theory of the earth' which, in the present state of research, has not yet been established.

The last part of the book is more analytical. It introduces a study on the behaviour of sediments through Ramberg's classic experiments and it handles questions of vulcanology. In particular, it presents the concept of the lithothermal system (defined by analogy with the hydrothermal system). It identifies the conditions and the mechanisms that allow the production and the structure of the intrusions of volcanic rocks, it mentions a *quantitative* study first of a volcanic system and then of a geothermal area. The author is a specialist in geothermal areas and provides an excellent introduction to their study. This makes useful reading for anyone concerned with geothermal energy from the economic standpoint.

In conclusion, it is worth pointing out the language used in the text in question. Not only is it simple, which makes it a useful exercise for a foreign student wishing to practice English. It is also fresh and lively, thanks, among other things, to the use of metaphor. This makes the book pleasantly readable for everyone, and especially for anyone faced with 'difficult' academic language. This book is recommended for first year university students of geology along with an appropriate course in physics.

We are faced with a very important editorial problem, that is, the need to translate books such as this into Italian (and there are others). This need seems increasingly urgent in a country that lacks acceptable books on Earth Sciences, and where a certain level

Terra, e dove certi livelli sono verosimilmente raggiungibili nell'arco di molti anni, mentre si ha bisogno *subito* di avere Geologi e Geofisici ben preparati.

could probably be achieved over a span of many years, whereas we need well qualified geologists and geophysicists *now*.

ANTONIO NAZZARO

MITCHELL-THOMÉ, R. C.

Geology of the Middle Atlantic Islands

Series: Beiträge zur regionalen Geologie der Erde, Vol. 12
Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1976
IX + 382 pp., tables, DM 198,—

Questa ampia, densa, ordinata monografia condensa quanto noto della geomorfologia, rocce ignee, rocce sedimentarie, stratigrafia, paleontologia, vulcanismo e sismicità (nei tempi storici), strutture tettoniche, evoluzione geologica e geologia economica dei gruppi insulari della parte orientale dell'Atlantico prossimi alla costa africana inclusi nell'area 'Macaronesia', e cioè gli Arcipelaghi delle Azorre, di Madeira, di Salvàgem, delle Canarie, del Capo Verde.
Di ogni isola è data una cartina geologico-petrografica in bianco - nero — in varie scale —. Numerose le analisi chimico-petrografiche; le tavole di variazione della polarità magnetica; cartine delle rilevazioni gravimetriche, delle anomalie di Bouguer; dati della discontinuità di Mohorovicic; appunti di geologia applicata, con osservazioni sulla grave situazione idrica di alcune isole in rapporto allo sproporzionato incremento della popolazione. In fine di volume è data un'ampia bibliografia; un indice per argomenti; uno per località; uno per autori; un indice di fossili.
Tutte le isole sono vulcaniche. Predominano le rocce alcaline della 'provincia atlantica'; in subordine quelle alcalino-calciche della

This broad, dense and ordered monograph condenses all that is known about the geomorphology, igneous rocks, sedimentary rocks, stratigraphy, paleontology, vulcanism and seismicity (in historic times), tectonic structures, geological evolution and economic geology of Macaronesia. It covers the groups of islands in the eastern part of the Atlantic close to the African coast, i.e., the archipelagoes of the Azores, Madeira, Salvàgem, the Canaries and Capo Verde.
For each island a geological-petrographical map in black and white and in various scales is given. There are numerous chemical-petrographical analyses, tables of the variation in polar magnetism, maps of gravimetric relief, of Bouguer anomalies, data on the Mohorovicic discontinuity, notes on applied geology and observations on the serious water problems on some islands in relation to the disproportionate increase of its population. At the end of the volume a vast bibliography, a subject index, a location index, an author index and one on fossils is given.
All the islands are volcanic. There is a predominance of alkaline rocks from the 'Atlantic province'. Next in abundance are

'provincia pacifica', e rari rappresentanti, potassici, della 'provincia mediterranea'.
Il vulcanismo è ancora attivo nelle Azorre, Canarie, Capo Verde. Della sismicità, attiva nelle Azorre, vien data una tabella cronologica di notizie a partire dalla metà del XV secolo.
Il sedimentario è rappresentato a partire dalla metà del Mesozoico — Malm, probabilmente —, certamente dal Cretaceo (Globotruncana). Il Terziario sembra presente in tutti i gruppi insulari, Azorre escluse.
L'assetto stratigrafico presenta in generale pendenze deboli, assenze di pieghe, disturbi di minima ampiezza. Faglie di poco rilievo, imputabili prevalentemente alla messa in posto di masse eruttive o a fenomeni di collasso.
I fossili terrestri, e i molluschi terrestri viventi hanno le maggiori affinità con quelli dell'Ovest europeo e del Nord-Africa.
È ovvio che trattando delle isole atlantiche, testimoni sparsi ma numerosi del sottostante pavimento oceanico, sul quale questi ultimi anni hanno recato tante eccitanti informazioni, l'autore sentisse la tentazione di coordinare le conoscenze di superficie con quelle concernenti il pavimento oceanico stesso. L'autore ha resistito a quella tentazione, volendo limitare il suo lavoro ad una sistematica raccolta delle conoscenze concrete, senza azzardarne la correlazione con dati ancora in fase di elaborazione critica. « La Macaronesia — scrive — si trova in una regione interessata da una strategia tettonica globale. Forte è stata la tentazione di impegnarsi in una discussione che coinvolgesse la ruga medio-atlantica, la 'tettonica a placche', l'aprirsi del pavimento oceanico, la deriva di Wegener ». Ma « argomento è la geologia delle isole del medio Atlantico », e soltanto di passaggio l'autore fa qualche riferimento a quei grandi temi, come l'epoca di apertura dello spazio atlantico in relazione alla costituzione delle isole della Macaronesia: « La più attiva fase della deriva si ebbe agli inizi del Paleogene [...] e si ritiene che a partire dal Paleogene superiore la maggior parte delle isole avesse iniziato la sua evoluzione vulcanica ». Ma, naturalmente, « ben-

alkaline-calcic rocks from the 'Pacific province' and there are rare examples of potassic rocks concerning the 'Mediterranean province'.
There is still volcanic activity in the Azores, the Canaries and Capo Verde. The seismic activity in the Azores is given in a chronological table of information starting from mid-15th century. There are samples of sedimentary rocks from the mid-Mesozoic — probably Malm — and certainly from the Cretaceous (Globotruncana). The Tertiary seems represented in all groups of islands except the Azores.
The stratigraphic arrangement generally presents weak slopes, absence of folds, and disturbances of minimal amplitude. The faults are weak and mainly attributable to the placement of eruptive masses or to phenomena of collapse.
The terrestrial fossils and the living terrestrial mollusks have greatest affinity with those of Western Europe and North Africa.
The abundant but widely scattered evidence concerning the ocean floor gathered in recent years has produced exciting informations. It is obvious that the author felt a temptation to coordinate the knowledge about the surface with that concerning the ocean floor itself. However, he resisted this temptation, wishing to limit his work to a systematic collection of concrete knowledges avoiding any correlations with that data that are still undergoing critical evaluation. He writes: « Macaronesia lies in a region of strategic global tectonic concern. The temptation to engage in discussions involving the Mid-Atlantic Ridge, plate tectonics, ocean-floor spreading, Wegenerian drift, has been strong [...] but [...] the topic is the geology of the Middle Atlantic Islands ». And: « The more active phase of difting occurred at the beginning of the Paleocene, and as we have noted, by upper Paleocene it is believed that the majority of the islands had begun their volcanic evolution »; and the author only makes reference to these broader themes such as the age of the opening of the Atlantic space in relation to the composition of the islands of Macaronesia. But naturally, « al-

ché ogni speculazione sull'argomento sia prematura », si è però portati ad associare il vulcanismo e la genesi delle isole, essenzialmente vulcaniche, con lo sviluppo dell'Oceano Atlantico, con l'evoluzione dell'aprirsi del pavimento oceanico, con la deriva, considerati 'molle agenti' in rapporto causale.

though every speculation is premature ... », we are led to associate vulcanism and the genesis of these essentially volcanic islands, with the development of the Atlantic Ocean, with the evolution of the opening of the ocean floor, and with drift, considered 'offspring' in the casual relationship.

TINO LIPPARINI

ESCHER, A. and WATT, S. W. (eds.)

Geology of Greenland

Grøndlands Geologiske Undersøgelse,
Copenhagen, 1976
603 pp., figs., tables and maps, Kr. 195

Quest'opera, dovuta alla dottrina di 29 scienziati (geologi, petrologi, paleontologi e mineralogisti) è fondamentale per lo studio e la conoscenza della Groenlandia, la più grande isola della Terra. Il suo valore aumenta se si considera il fatto che essa illustra, in ogni capitolo, una regione particolare nella sua unità stratigrafica e dà spazio alle prospezioni petrolifere, alla geologia economica e alla fauna vertebrata fossile. I contributi, inoltre, orientano lo studioso sull'attuale conoscenza della Groenlandia, riducendo al minimo l'aspetto storico della ricerca.

L'introduzione è dovuta ai due coordinatori e presenta un sommario della geologia groenlandese. L'80% della superficie dell'isola è coperta dalla ghiaccia continentale (o *inlandsis*) e la parte libera dai ghiacci si riduce a una fascia costiera che raggiunge la vetta più alta in 3.733 metri. Le rocce groenlandesi hanno età e litologia simili a quelle del Nord America e del Nord Europa e il loro tipo e distribuzione rafforzano l'idea che la Groenlandia rappresenti un frammento di una massa terrestre Nord-Atlantica.

Il complesso del gneiss archeano della Groenlandia è descritto da D. Bridgwater, L. Keto, V. R. McGregor e J. S. Myers. Questo complesso, che si stende dalla costa occidentale a quella orientale nella parte meridionale dell'isola, è rimasto inalterato dai maggiori

Owing to the scholarship of 29 scientists (geologists, petrologists, palentologists and mineralogists) this work is fundamental for the study and knowledge of Greenland, the largest island on earth. The book's value increases if one considers that each chapter describes the stratigraphic pattern of a particular region, and the volume allows space for discussion of petroleum prospecting, economic geology and vertebrate fossil fauna. In addition, the contributions guide the scholar to a current knowledge of Greenland, reducing the historical aspects to a minimum.

The introduction is provided by the two editors and presents a summary of Greenland's geology. 80% of the surface of the island is covered by continental ice (or *inlandsis*) and the part that is free from ice is merely a coastal strip whose highest peak reaches 3.733 meters. The dating and lithology of Greenland rocks shows that they are similar to North American and North European rocks and the types and distribution reinforce the idea that Greenland represents a fragment of a North Atlantic land mass.

The complex of Greenland Archean gneiss is described by D. Bridgwater, L. Keto, V. R. McGregor and J. S. Myers. This complex, which stretches from the west to east coast in the southern part of the island, has re-

eventi metamorfici, tettonici e magnetici degli ultimi 2.500 milioni di anni. Complessi simili si ritrovano nella Scozia nord-occidentale e nel Labrador, ma quello groenlandese è il frammento più vasto e meglio esposto del cratone Archeano della regione Nord-Atlantica. La maggior parte del complesso consiste di gneiss quarzo-feldspatici derivati ampiamente da rocce ignee. Osservazioni isotopiche e sul campo hanno dimostrato che questo complesso è costituito da varie unità che hanno un'età compresa fra 3.750 e 2.500 milioni di anni.

Alla cintura mobile Nagssugtoquidiana della Groenlandia occidentale, A. Escher, K. Sørensen e H.P. Zeck, hanno dedicato un lungo capitolo. Questa cintura consiste principalmente di gneiss Archeani rielaborati in una più vasta zona tettonica larga circa 300 km presente tanto nella Groenlandia occidentale che in quella orientale. Le osservazioni isotopiche indicano che la fase principale della deformazione e del metamorfismo Nagssugtoqidiano ebbe luogo circa 2.700 milioni di anni fa, anche se la cintura è stata attiva fino a circa 1.700 milioni di anni or sono.

A. Escher e T. C. R. Pulvertaft illustrano la cintura mobile Rinkiana della Groenlandia occidentale che si stende a Nord della precedente e che è considerata come una provincia strutturale autonoma poichè presenta un impressionante contrasto tettonico con la cintura Nagssugtoqidiana. È caratterizzata da pieghe isoclinali coricate e da larghe cupole di gneiss spesso circondate da bordi di rocce metamorfosate, proprio come si riscontrano nell'isola di Baffin. L'età di questa cintura è compresa fra 1.870 e 1.650 milioni di anni.

Jan H. Allaart dedica un capitolo alla cintura mobile Ketilidiana nella Groenlandia meridionale, che si stende a sud del blocco Archeano. È caratterizzata da antichi graniti intrusivi (1.850-1.830 milioni di anni) e da graniti più recenti, con un'età compresa fra 1.810 e 1.740 milioni di anni. In questa cintura è compresa anche Julianehaab e sono presenti strutture rapakiwitiche. Uno schizzo geologico aiuta la comprensione delle com-

mained unaltered by the major metamorphic, tectonic and magnetic events of the last 2500 million years. Similar complexes are found in north-west Scotland and in Labrador, but the Greenland complex is the largest and best exposed complex of the Archean Craton of the North Atlantic region. The major part of the complex consists of quartz-feldspathic gneiss derived from igneous rocks. Isotope studies and field observations have shown that this complex is made of various units between 3.750 and 2.500 million years old.

A. Escher, K. Sørensen and H. P. Zeck devote a long chapter to the Nagssugtoquidian mobile band of eastern Greenland. This band mainly consists of Archean gneiss reworked in a larger tectonic zone of about 300 km that exists both in western and eastern Greenland. Isotope studies indicate that the principal phase of Nagssugtoquidian deformation and metamorphism took place about 2.700 million years ago, even if the band was active until about 1.700 million years ago.

A. Escher and T. C. R. Pulvertaft describe the Rink mobile band of western Greenland that extends north of the preceding one and is considered as an independent structural area since it presents an impressive tectonic contrast with the Nagssugtoquidian band. It is characterized by isocline recumbent folds and broad cupolas of gneiss, often surrounded by borders of metamorphosed rocks, just like those found on Baffin Island. The age of this band is considered to be between 1.650 and 1.870 million years old.

Jan H. Allaarts devotes a chapter to the mobile band of Ketilidi in southern Greenland, that extends to the south of the Archaean block. It is characterized by ancient intrusive granite (1.850 to 1.830 million years old) and by more recent granite with an age of 1.810 to 1.740 million years. This band also includes Julianehaab and Rapakiwitic structures are present too. A geological drawing helps in the understanding of the complex geological formations of the region.

C. H. Emeleus and B. G. J. H. Upton devote an informative chapter to the Gardar period

plesse formazioni geologiche della regione.
Al periodo Gardar nella Groenlandia meridionale, C. H. Emeleus e B. G. J. Upton dedicano un nutrito capitolo che conclude lo studio sull'Archeano groenlandese. Le rocce di questo periodo si trovano fra Narssaq e l'*inlandsis* della Groenlandia meridionale e le loro età sono comprese fra 1.327 e 1.143 milioni di anni.
La successiva parte è dedicata allo studio delle cinture a pieghe del Paleozoico e ha inizio col lavoro che Niels Henriksen e A. K. Higgins dedicano alla cintura Caledoniana della Groenlandia orientale, parte di una maggiore cintura orogenetica Caledoniana che ricorre lungo le due sponde dell'Atlantico (Svalbard, Norvegia, Faroer, Scozia, Irlanda). La cintura contiene vaste aree di gneiss Archeani e Proterozoici e almeno due gruppi di metasedimenti del primo Proterozoico. I sedimenti del Devoniano e del primo Permiano continentale conservano fossili di pesci e di tetrapodi. Schizzi geologici particolari illustrano fin nei minimi particolari le strutture geologiche.
Peter R. Dawes dedica il successivo capitolo alla geologia della Groenlandia settentrionale dal Precambriano al Terziario. Questa cintura si stende tra il fianco nord dello scudo cristallino e il Mare Artico ed è la continuazione del sistema orogenetico Innuitiano dell'Artico canadese. Sono presenti rocce del Paleozoico inferiore e del primo Devoniano.
All'evoluzione del tardo Paleozoico-Mesozoico della Groenlandia orientale centrale, Tove Birkelund e Katharina Perch-Nielsen dedicano le pagine seguenti. L'area esaminata è compresa fra le latitudini Nord di 70°20' e 77° dove si trovano montagne del Caledoniano e un fitto sistema di faglie.
G. Henderson, A. Rosenkrantz e E. J. Schiener illustrano le rocce sedimentarie del Cretaceo-Terziario della Groenlandia occidentale che sono presenti in una fascia comprendente l'isola Disko, la penisola Nûgssuaq, la parte più interna della penisola Ingnerit e il Gruppo di Grønne Ejland. La area rappresenta soltanto una parte di un ben più ampio bacino sedimentario noto come « bacino della Groenlandia occidentale ».

in southern Greenland, thus concluding the studies on the Archean period. The rocks of this period can be found between Narssaq and the inlandsis of southern Greenland and they are between 1.147 and 1.327 million years old.
The next part deals with the study of folded bands of the Paleozoic and begins with the work of Niels Henriksen and A. K. Higgins. They study the Caledonian band of eastern Greenland, part of a major orogenic Caledonian band that recurs along the two shores of the Atlantic (Svalbard, Norway, Faroe Island, Scotland and Ireland). The band contains vast areas of Archaean and Proterozoic gneiss and at least two groups of metasediments of the early Proterozoic. The Devonian and early continental Permian contain fossils of fish and tetrapods. Detailed geological charts illustrate the fine points of the geological structures.
Peter R. Dawes devotes the next chapter to the geology of northern Greenland from the Precambrian to the Tertiary. This band runs between the northern side of the crystalline shield and the Arctic Sea and is a continuation of the Innuitan orogenic system of the Canadian Arctic. It contains rocks from the lower Paleozoic and from the early Devonian.
The evolution of the late Paleozoic-Mesozoic of central eastern Greenland is presented by Tove Birkelund and Katharina Perch-Nielsen. The area studied lies between the 70°20' and 77° north where there are Caledonian mountains and a dense system of faults.
G. Henderson, A. Rosenkrantz and E. J. Schiener describe the sedimentary rocks of the Cretaceous-Tertiary of western Greenland that can be found in a strip comprising Disko Island, the Nugssuak peninsula, the internal part of the Ingheit peninsula and the Grønne Ejland group. The area only represents a part of a broader sedimentary basin known as the « Western Greenland basin ». The rocks, which lie on sedimentary strata, form considerable relief, nearly reaching 2000 meters, and are rich in fossils of marine fauna.

Le rocce, che poggiano su strati sedimentari, presentano rilievi notevoli che sfiorano i 2.000 metri e sono ricche di fossili di fauna marina.
Questo contributo è completato dal successivo, dovuto a D. Barrie Clarke e Asger Ken Pedersen, dedicato alla provincia vulcanica del Terziario della Groenlandia occidentale estesa per 370 km da Nord a Sud, per 125 km in larghezza, con una superficie di 55.000 kmq: abbraccia grosso modo la regione illustrata nel precedente capitolo. Le prime ricerche geologiche in questa area risalgono al 1823 e 1853, ma la prima carta si deve a Steenstrup che la costruì nel 1883. Naturalmente molti altri studiosi l'esplorarono e le ultime indagini risalgono al 1975; per Disko e Nûgssuaq esistono carte geologiche al 100.000. Nel primo Terziario vi fu una considerevole attività magmatica nelle aree centrali della Groenlandia orientale e occidentale che formano una parte della provincia vulcanica del Nord Atlantico.
L'indagine sulle rocce vulcaniche presenti in Groenlandia continua nei due capitoli seguenti. Il primo è di Arne Noe-Nygaard ed è dedicato alle rocce ignee del Terziario fra Shannon e Scoresby Sund nella Groenlandia orientale (70°N e 75°30'N). Le rocce più caratteristiche sono i basalti, i dicchi e i sill e una linea di rocce plutoniche alcaline. Il secondo è di W. A. Deer ed illustra le rocce ignee del Terziario fra Scoresby Sund e Capo Gustav Holm, nella Groenlandia orientale, fin quasi ad Angmagssalik.
Anker Weidick dedica un ben fatto capitolo alla glaciazione e al Quaternario della Groenlandia. Un periodo di deterioramento climatico seguì il clima caldo temperato del primo Terziario caratterizzato da una ricca flora nella Groenlandia occidentale. Questo fatto portò alla formazione di una coltre di ghiaccio che nella sua massima estensione ricoprì tutta l'isola con l'esclusione di alcune aree di nunatak. Le oscillazioni climatiche susseguenti portarono alla contrazione della coltre di ghiaccio e alla formazione di depositi interglaciali lungo le coste. Nel periodo postglaciale (Olocene) il clima migliorò e la coltre glaciale si restrinse ancora.

This contribution is completed by the next one by D. Barrie Clarke and Asger Ken Pedersen on the volcanic province of the Tertiary of western Greenland which extends for 370 km, from north to south and is 125 km wide, with a surface of 55,000 km². Roughly it includes the region described in the preceding chapter. The first geological research on this area dates from 1823 and 1853, but the first map was provided by Steenstrup who drew it in 1883. Naturally, many other scholars explored the area and the latest investigations date from 1975. For Disko and Nugssuaq there exist geological 1 : 100,000 maps. In the first Tertiary, there was considerable magmatic activity in the central areas of both eastern and western Greenland which form part of the volcanic province of the North Atlantic.
The investigation into volcanic rocks present in Greenland continues in the next chapters. The first is by Arne Noe-Nygaard and deals with ingneous rocks of the Tertiary between Shannon and Scoresby Sund in Eastern Greenland (70°N and 75°30'N). The most characteristic rocks are basalts, dikes and sills and a line of plutonic alkaline rocks. The second chapter is by W. A. Deer and describes the igneous rocks of the Tertiary between Scoresby Sund and Cape Gustav Holm in Eastern Greenland, almost to Angmagssalik.
Anker Weidick devotes a well written chapter to glaciation and the Quaternary in Greenland. A period of climatic deterioration followed the warm temperate climate of the first Tertiary, characterized by a rich flora in eastern Greenland. This fact led to the formation of a layer of ice that, at its maximum, spread covered the whole island except for a few areas of Nunatak. The subsequent climatic oscillations caused the contraction of the layer of ice and the formation of interglacial deposits along the coasts. In the post glacial period (Holocene) the climate improved and the glacial layer became still smaller.
The next three chapters are devoted to economic geology. The first of these, by Bjarne Leth Nielsen, deals with minerals found in

I tre capitoli che seguono sono dedicati alla Geologia economica. Il primo, dovuto a Bjarne Leth Nielsen, tratta dei minerali esistenti in Groenlandia e in parte già sfruttati: rame, grafite, criolite, minerali di piombo-zinco, ferro, cromite, uranio, molibdeno. Il secondo, scritto da Gilroy Henderson, è dedicato al petrolio che in Groenlandia e nei suoi mari è sicuramente presente come dimostrano le concessioni date a numerose Compagnie petrolifere; il terzo è di Elmar J. Schiener e tratta del carbone che un tempo veniva estratto ed usato. Oggi si stanno intensificando le ricerche perchè si è certi che ne esiste in grandi quantità.

A K. Raunsgaard Pedersen si deve il capitolo sulle flore fossili della Groenlandia che dal Precambriano al Terziario inferiore sono presenti in molte parti dell'isola; Svend Erik Bendix-Almgreen illustra le faune paleovertebrate della Groenlandia le cui ricerche cominciarono nel 1765.

L'ultimo capitolo, scritto da James R. Andrews e C. H. Emeleus, è dedicato alle kimberliti della Groenlandia occidentale che furono trovate per la prima volta dai due autori nel 1971 durante i lavori per la cartografia delle aree di Ivigtut e di Frederikshaab. Queste rarissime rocce ultrabasiche sono presenti, sporadicamente, anche in altre aree groenlandesi.

Il volume è arricchito da un ampio indice analitico, da numerose cartine e schizzi geologici e da una nutritissima bibliografia che, molto opportunamente, è posta alla fine dei singoli capitoli. Le fotografie sono splendide. L'opera rappresenta il più aggiornato panorama della Geologia groenlandese e il Grønlands Geologiske Undersøgelse ha il merito di aver voluto e guidato il lavoro di tanti scienziati che hanno saputo usare così bene la vastissima bibliografia esistente sull'argomento, controllandola e completandola con le loro indagini sul terreno.

Greenland and those already partially exploited. These include copper, graphite, cryolite, lead-zinc minerals, iron, chromite, uranium and molybdenum. The second chapter by Gilroy Henderson deals with petroleum which is definitely present in Greenland and its seas as demonstrated by the number of concessions given to numerous petroleum, companies. The third chapter is by Elmar J. Schiener and deals with coal which, at one time, was mined and used. Today research on coal is being intensified because it is certain that there are large deposits.

A. K. Raunsgaard Pedersen wrote the chapter on the fossil flora of Greenland. There are abundant fossils from the Precambrian to the early Tertiary in many parts of the island. Svend Erik Bendix-Almbreen described the paleovertebrate fauna of Greenland. Research in this area began in 1765.

The last chapter, by James R. Andrews and C. H. Emeleus, deals with the kimberlites of Western Greenland that were first found in 1971 when cartographical work was being carried out in the areas of Ivigtut and Frederikshaab. These extremely rare ultrabasic rocks are also sporadically distributed in other areas of Greenland.

This volume is enriched by a vast analytic index, numerous charts and geological sketches and a very complete bibliography, placed very appropriately at the end of each chapter. The photographs are splendid. This work gives the most up-to-date view of the geology of Greenland and the Grønlands Geologiske Undersøgelse should be credited with having desired and guided the work of so many scientists who were able to so effectively use the vast bibliography that exists on the topic, checking it and completing it with their own investigations on the land.

SILVIO ZAVATTI

HAILS, J. R. (ed.)

Applied Geomorphology

A Perspective of the Contribution of Geomorphology to Interdisciplinary Studies and Environmental Management

Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1977
xv + 418 pp., figs. and tables, Dfl. 98,—

Il nome *Geomorfologia applicata* suona quasi nuovo perché solo da pochi anni (e timidamente) ha acquisito un significato ufficiale. Tradizionalmente la Geomorfologia è considerata come una parte della Geografia Fisica, benchè gli stretti rapporti con la Geologia siano sempre stati evidenti. Questa collocazione interdisciplinare ha una validità puramente formale; sta di fatto che lo studioso con la preparazione del geografo non ha spesso cognizioni geologiche sufficienti per certi problemi e il geologo da parte sua è portato talora a considerare la Geomorfologia come un campo di interesse marginale e prevalentemente descrittivo. Per questa posizione ambigua, come materia di insegnamento la Geomorfologia ha avuto negli ordinamenti degli studi universitari in Italia il posto della parente povera e un po' stupida, a scapito di uno sviluppo equilibrato delle Scienze della Terra.

In un paesaggio morfologico si possono considerare numerosissimi e svariati aspetti; senza una scelta iniziale non è possibile porsi in termini concreti quei problemi che poi richiedono lo sforzo di ideare qualche ipotesi per tentarne una soluzione. L'interesse maggiore della Geomorfologia risiede nella ricerca di conoscenze sui processi che mutano le forme. Le conoscenze di tali meccanismi e dei fattori che entrano in gioco possono consentire previsioni, sia pur limitate, sui mutamenti futuri. Se tra questi mutamenti prendiamo in considerazione quelli che possono avere attinenza con i rapporti tra Uomo e ambiente, l'utilità 'applicativa' della Geomorfologia appare manifesta.

Il volume edito da Hails è diviso in 9 capitoli, dei quali uno scritto da lui stesso e gli altri da 4 autori inglesi, 3 australiani e 1

The term 'applied geomorphology' sounds almost new since only recently has it (timidly) acquired an official meaning. Traditionally, geomorphology has been considered a part of physical geography although its close relationship with geology has always been evident. This interdisciplinary placement has a purely formal validity. It is a fact that a scholar trained as a geographer often lacks sufficient knowledge of geology to handle certain problems, and, in turn, a geologist often considers geomorphology as a mainly descriptive field of marginal interest. Because of this ambiguity, as a field of study, geomorphology has held the position of a poor and rather stupid relation in the organization of university studies in Italy, to the detriment of a balanced development of Earth Sciences.

One can consider numerous and varied aspects in a morphological landscape. Without initially choosing one aspect, it is impossible to set concrete problems that require the effort of thinking of a hypothesis in order to try to find a solution. The main interest of geomorphology lies in research on the processes that change forms. An understanding of these mechanisms and of the factors that affect them can lead to at least limited predictions of future changes. If, among these changes, we consider those connected with the relationship between man and the environment, the 'applied' use of geomorphology is evident.

The volume, edited by Hails, is divided into 9 chapters. One is written by the editor, 4 by English authors, 3 by Australians and one by an American. Various morphogenic processes are discussed in relation to their use in mining industries, in different fields

statunitense. Vari processi morfogenetici sono trattati in rapporto alla loro utilità per le industrie minerarie, per diversi campi dell'ingegneria delle costruzioni, per le industrie agrarie e anche per le scienze mediche. Evoluzione dei suoli (negli aspetti agrarii, di conservazione dell'ambiente, di terreni per fondazione), stabilità dei pendii, azioni delle acque superficiali e sotterranee, processi morfologici nei suoli gelati e nei deserti, mutamenti nelle coste marine, sono temi trattati con esempi di particolare efficacia. Un merito di questo volume è di avere riunito argomenti di studi, che vengono condotti con metodi e tecniche diverse, secondo un criterio generale basato sulla finalità di una migliore conoscenza dell'ambiente e dei suoi possibili usi razionali.

I problemi ecologici diventano ogni giorno più assillanti: troppi fenomeni naturali hanno avuto conseguenze dannose o catastrofiche perchè, proprio per ignoranza dei processi naturali che trasformano l'ambiente, molti insediamenti umani, opere di ingegneria, certi usi delle acque, sono stati ubicati in luoghi disadatti. In proposito è utile ricordare — e non dovrebbero ignorarlo coloro che hanno i poteri decisionali sull'uso dei territori — che per lo più i processi morfologici non hanno effetti linearmente proporzionali all'intensità dei fattori determinanti, ma che oltre certi limiti critici, acquistano dimensioni del tutto diverse. Non bisogna inoltre cadere nell'errore di considerare *anormali*, e quindi da escludere dalle previsioni, certi avvenimenti naturali per il solo fatto che si verificano con poca frequenza.

of construction engineering, in agricultural industry and also in medical science. The evolution of soils (from the agrarian aspects of conservation of the environment, of land for foundations), the stability of slopes, the action of surface and subterranean water, morphological processes of both frozen and desert lands, changes of sea coasts, are all subjects treated with particularly useful examples. One good quality of this book is that if has assembled fields of study, that require different methods and techniques, using a general criterion based on the goal of a better understanding of the environment and its possible rational uses.

Today, ecological problems are becoming more demanding. Too many natural phenomena have had damaging or catastrophic consequences because of the lack of understanding of the natural processes that transform the environment. Many human establishments, engineering works, certain uses of water, have been sited in inappropriate places. It is worth recalling — and this should not be ignored by those who have the power to decide on land use — that the majority o morphological processes do not have effects that are linearly proportional to the intensity of the determining factors. But beyond certain critical limits, they acquire entirely different dimensions. Furthermore, one must not make the mistake of considering certain natural events as *abnormal*, and thus exclude them from predictions, even if they only occur rarely.

LIVIO TREVISAN

SAXENA, S. K. and BHATTACHARJI, S. (eds.)

Energetics of Geological Processes

Springer-Verlag, New York, 1977
XVIII + 473 pp., figs. and tables, $ 28.50

Il contenuto del volume, espresso da 18 articoli scritti da 26 autori di Paesi diversi, appare a prima vista eterogeneo. La prima parte (*Energetics of Geodynamic Processes*) tratta aspetti particolari dei movimenti del mantello e della crosta terrestre: si prospettano ipotesi sull'instabilità gravitazionale nell'astenosfera (tra 100 e 400 km di profondità) e sui fenomeni diapirici connessi; si esaminano vari problemi inerenti alle intrusioni di rocce acide e basiche e all'accrescimento della crosta continentale. Seguono studi di analisi strutturali per spiegare le modalità e il significato delle deformazioni delle rocce a varie temperature, anche nei casi in cui sono presenti inclusioni di natura diversa. Un articolo riguarda le modalità di deformazione del ghiaccio dei ghiacciai.
Di particolare interesse è lo studio dei rapporti tra terremoti e certe strutture delle faglie trascorrenti e anche una discussione sulla possibilità di distinguere tre classi di rocce ofiolitiche in rapporto a zone di subduzione, di obduzione e di archi insulari.

La seconda parte (*Energetics of geochemical Processes*) riguarda le azioni del metamorfismo dal punto di vista della termodinamica e degli equilibri chimici; si prospettano inoltre nuove vedute sui rapporti tra batoliti e subduzione crustale e sul significato di calcoli sull'equilibrio termodinamico nelle associazioni di minerali delle meteoriti.

La riunione in un volume di articoli aventi contenuti così diversi trova una piena giustificazione nella finalità di tentare di risolvere, o almeno di impostare in modo sempre più corretto, i problemi geologici e petrologici su basi fisiche (in particolare di termodinamica e di meccanica) e geochimiche. Questa esigenza è molto aumentata negli

On first glance, this book containing 18 articles by 26 authors from different countries, seems heterogeneous. The first part (*Energetics of Geodynamic Processes*) deals with particular aspects of the movement of the earth's mantle and crust. Hypotheses are proposed on the gravitational instability in the asthenosphere (between 100 and 400 km deep) and on related phenomena of diapirism. Various problems inherent in the intrusions of acid and basic rocks and in the spread of the continental crust are examined. There follow studies on structural analysis to explain the details and the meaning of the deformations of rocks at various temperatures, including cases in which there are inclusions of a different nature. One article deals with the details of deformation of ice in glaciers.
Of particular interest is the study of the relationship between earthquakes and certain structures of strike-slip faults, and also a discussion on the possibility of distinguishing three classes of ophiollites in relation to zones of subduction, of obduction and insular arches.
The second part of the book (*Energetics of Geochemical Processes*) deals with the actions of metamorphism from the standpoint of thermodynamics and chemical equilibria. New views are proposed on the relationship between batholites and crustal subduction and on the meaning of calculations on the thermodynamic equilibrium in associations of minerals and meteorites.
The collection of articles having such diverse contents into one volume is fully justified. It supports the goal of trying to solve, or at least present in a more correct way, geological and petrological problems on a physical (especially on the basis of thermodynamics and mechanics) and geochemical basis.

ultimi anni, da quando i concetti della tettonica a placche e in generale della mobilità del mantello e della crosta terrestri hanno allargato gli orizzonti delle scienze della Terra. Il motivo più contingente è che il volume è stato pubblicato per onorare il 60° compleanno di Hans Ramberg, che ha acquisito fama di pioniere nei problemi della petrologia e della tettonica su basi fisiche.

Negli argomenti trattati è facile constatare che le ipotesi prevalgono sulle conclusioni, e che le risposte ai quesiti hanno più carattere di suggerimenti che di affermazioni. Per questo motivo il volume interessa non soltanto per il suo contenuto di informazione, ma anche, e in maggior misura, in quanto è stimolante per la presentazione di problemi interdisciplinari e di ipotesi da discutere, escludendo ogni affermazione dogmatica.

In recent years, the need for this has greatly increased particularly, since the concepts of plate tectonics and in general the concept of the mobility of the earth's mantle and crust have widened the horizons of earth sciences. A more coincidental reason for the book is that the volume was published in honor of the sixtieth birthday of Hans Ramberg, who earned fame as a pioneer in problems of petrology and of tectonics on physical bases.
From the subjects treated it is easy to see that hypotheses prevail over conclusions, and that the answers to the questions are more in the nature of suggestions rather than statements. Thus this volume is of interest not only because of its informational content. Another attraction is that it is also stimulating in its presentation of interdisciplinary problems and of hypotheses, and it is also free of dogmatic statements.

LIVIO TREVISAN

MATZNETTER, J.

Politische Geographie

Series: Wege der Forschung, Vol. 431
Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1977
VI + 495 pp., No price stated

Questo nuovo volume della collana « Wege der Forschung », che fa seguito a quelli analoghi relativi ad altri rami della geografia (economica, agraria, commerciale, religiosa, sociale, urbana, ecc.), non è altro che una antologia che riporta in ordine cronologico 16 brani di autori che si sono occupati di geografia politica, in grande prevalenza tedeschi, dal noto articolo di F. Ratzel sulle leggi di sviluppo spaziale degli stati (1896) agli autori più recenti, M. Schwind (1970) e K. A. Boesler (1974). I geografi anglo-sassoni sono rappresentati da Mackinder (1905), Minghi (1963) e Burghardt (1969), gli svedesi da Kjéllen (1905), i Belgi dalla Verhasselt (1967). Mancano invece del tutto gli autori francesi (Vallaux, Demangeon, Ancel,

This latest volume in the series « Wege der Forschung », which follows similar volumes relating to other branches of geography (economic, agrarian, commercial, religious, social, urban, etc.), is merely an anthology containing, in chronological order, 16 extracts from authors concerned with political geography, most of them German, from F. Ratzel's well-known article on the laws governing the spatial development of countries (1896) to articles by more recent authors, M. Schwind (1970) and K. A. Boesler (1974). Anglo-Saxon geographers are represented by Mackinder (1905), Minghi (1963) and Burghardt (1969), Swedish authors by Kjéllen (1905) and Belgian authors by Verhasselt (1967). On the other hand, there is a complete

ecc.), che pure hanno avuto un certo peso nel criticare la geopolitica di K. Haushofer.

Una sobria introduzione di J. Matznetter serve da filo conduttore, che espone le vicende di questo ramo recente della geografia. Una nota bibliografica di 240 scritti e dettagliati indici degli autori e della materia permettono di allargare anche ad altri indirizzi il campo trattato.

absence of French authors (Vallaux, Demangeon, Ancel, etc.), in spite of the fact that they have a certain importance in criticising K. Haushofer's geopolitics. A level-headed introduction by J. Matznetter serves as a guideline and gives an account of activities in this recent branch of geography. A bibliography containing 240 works and detailed indexes of authors and subjects enable the reader to pursue this particular field in other directions.

ELIO MIGLIORINI

*** *Earthquake Prediction and Public Policy*

National Academy of Science, Washington, 1975
x+142 pp., $ 6.50

Il volume è stato preparato dalla 'Commission on Sociotechnical Systems-National Research Council' per studiare il pubblico comportamento richiesto dalla previsione dei terremoti.

Un capitolo è dedicato alla sismicità complessiva degli Stati Uniti, con particolare riguardo alle zone più colpite dai terremoti negli ultimi decenni; dal terremoto di Long Beach (1933) di magnitudo (M) 6,3 a quello di Ker County (1952) con $M = 7{,}7$, dal terremoto del Montana (1959) con $M = 7{,}1$ ad uno dei più violenti degli ultimi secoli, quello dell'Alaska (1964) con magnitudo 8,4, per finire col più recente terremoto di San Fernando Calif. (1971) con $M = 6{,}4$.

Dalla valutazione del numero delle vittime e dall'enorme gravità dei danni causati, si giunge a concludere che la previsione dei terremoti si rende inevitabile. I pareri al riguardo, sono naturalmente contrastanti, attese le difficoltà che consentano una previsione precisa; difficoltà che anche una perfetta organizzazione non può sempre superare. Non va dimen-

This volume was prepared by the « Commission on Sociotechnical Systems - National Research Council » for studying the public behaviour required by earthquake prediction.

One chapter is dedicated to the seismic situation of the United States in general, with particular regard to the areas most effected by earthquakes in recent decades; from the Long Beach earthquake in 1933 with its (M) 6,3 magnitude to the 1952 Kern County one with its $M = 7{,}7$, from the Montana earthquake in 1959 with its $M = 7{,}1$ to one of the most violent ones in recent centuries, the 1964 Alaska earthquake with its 8,4 magnitude, and on up to the most recent San Fernando Calif. one in 1971 with its $M = 6{,}4$.

From an evaluation of the number of victims and the enormous gravity of the damages caused it is concluded that the prediction of earthquakes has become inevitable. The opinions on the subject are naturally various and constrasting, not least because of the difficulties inherent in predicting with some degree of precision; difficulties which cannot always be overcome

ticato che più forte sarà un terremoto e più lungo si presenterà il periodo di variazioni presismiche che, per i terremoti più violenti, può essere di parecchie diecine d'anni (anche 70-80 anni). In questi casi, l'attività presismica non potrà non presentarsi lacunosa e incerta. Inoltre i terremoti non sono esclusivamente dovuti a movimenti di faglie (come ritengono gli americani), ma a cause diverse; come quelli con meccanismo focale così detto a cono, quelli dovuti a fenomeni esplosivi od implosivi, associati a brusco cambiamento di volume per cambiamenti di fare del mezzo ...

In ogni modo, lo studio inteso a scopi di previsione risulterà sempre di notevole interesse, anche perché una conoscenza sempre più raffinata di questi fenomeni, e del modo in cui si manifestano, potrà rendere fortemente probabile ciò che oggi sembra pressoché impossibile.

ny means of perfect organization. It should bot be forgotten that the stronger an earthquake is going to be, the longer the period of preseismic variations will be, and this can cover a period of several decades (even 70-80 years) in the case of the most violent earthquakes. In cases such as these, preseismic activity cannot appear to be patchy and uncertain. Furthmore earthquakes are not caused entirely by the movement of faults (as the Americans maintain) but by other factors as well; such as those with the so-called conic focal mechanism, those due to explosive or implosive phenomena associated with sharp changes in volume for changes in mean phase ...
In any case, a study of this sort aimed at prediction will always be of considerable interest, not least because an increasingly refined knowledge of these phenomena, and the way in which they manifest themselves, could turn what today seems almost impossible into something which is highly probable.

PIETRO CALOI †

BORTZ, J.

Lehrbuch der Statistik

Für Sozialwissenschaftler
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI+871 pp., tables, DM 58,—

Scorrendo le pagine del libro o leggendo il suo indice la prima impressione può essere quasi sicuramente quella di trovarsi davanti ad una tediosa congerie di ricette già pronte per ogni singolo caso (di '*adhockeries*' per usare la spiritosa espressione di J. G. Good). Questa impressione tuttavia viene meno se si guarda (e si tratta di un grosso se) con grande attenzione da parte del lettore, alle considerazioni introduttive all'inizio di ogni capitolo, evitando così il pericolo di limitarsi alle nozioni e ai metodi 'nudi e crudi'. Un solo prezioso esempio (riprendendo da pag. 64) può bastare:
« L'uomo percepisce un certo tipo di 'ordine' nel mondo e si comporta sperando che esso continui; ma l'esperienza ci dice che non si può giungere ad alcuna certezza. In tal modo il nostro comportamento non può basarsi su certezze (Verità) ma solo su un complesso di ipotesi che appaiono più o meno credibili (Probabilità) ».

Running through the pages of the book, or glancing at its index, the first impression would be almost surely that of a tedious mass of ready-made receipts for every single use: of 'adhockeries', to follow the humoristic term introduced by I. J. Good. However, if one looks at the introductory explanations at the beginning of each Chapter, this impression disappears, provided (but it is a big if) that readers pay full attention to such remarks, so avoiding the danger of limiting themselves to 'cut and dried' notions and methods.
A single example (summarizing from p. 64) may be valuable and sufficient:
« Man perceives some kind of 'order' in the world, and behaves with the hope it will continue; but experience shows that no certainty may be reached. So, our behaviour cannot rest on certainties (Truth) but merely on a complex system of hypotheses seemingly more or less credible (Probability) ».

BRUNO DE FINETTI

OLIVERIO, A.

Maturità e vecchiaia

Series: Biblioteca di psichiatria
e di psicologia clinica, Vol. 43
Feltrinelli, Milano, 1977
212 pp., tables, L. 8.000

L'opera *Maturità e vecchiaia* comparsa nella « Biblioteca di Psichiatria e Psicologia clinica » dell'editrice Feltrinelli è di notevole interesse per chi è particolarmente interessato alle problematiche connesse alla condizione dell'anziano. L'autore Alberto Oliverio, affronta la discussione senza tralaThe work *Maturità e vecchiaia* published by Feltrinelli in the series « Biblioteca di psichiatria e di psicologia » is of great interest for anyone particularly concerned with problems associated with old age. The author, Alberto Oliverio, handles the discussion without omitting any aspect of the problems

sciare alcun momento dei problemi riguardanti tale condizione nei suoi aspetti storici, filosofici, sociologici, psicologici, biologici, riuscendo a fornire al lettore un quadro problematico del processo di invecchiamento dell'uomo, con un'esposizione chiara e stimolante. Di particolare interesse si presenta il primo capitolo che situa l'evoluzione storica della maturità e vecchiaia all'interno dello sviluppo della civiltà occidentale, in rapporto alle espressioni culturali, filosofico-ideologiche, ai mutamenti sociali presenti nell'arco dei secoli. Non manca, ovviamente, l'esposizione delle teorie riguardanti lo sviluppo del ciclo vitale, in rapporto sia alla diversa fenomenologia delle singole fasi di sviluppo dell'essere umano, sia alle differenze sessuali che hanno forme di interazione diverse con l'ambiente circostante, in primo luogo con la famiglia. Altri fatti importanti riguardanti la vita umana quali il lavoro, il tempo libero e l'età del pensionamento vengono esaminati quale espressione dei diversi momenti storici in rapporto alle concezioni del mondo presenti in quel dato periodo, in particolare per quanto riguarda il lavoro, forma di interscambio basilare dei rapporti umani, quali si svolgono nella società. Ciò che risulta importante in tali analisi è l'approccio sociologico, quale strumento di interpretazione della presente situazione del mondo cosidetto 'industriale avanzato'. A completamento di tutto il quadro espositivo non manca un'esposizione degli aspetti psicologici di evoluzione della personalità nel passaggio dalla maturità alla vecchiaia, secondo quanto è stato affermato dagli autori anglosassoni, particolarmente sensibili a ciò che rappresenta l'interazione tra anziano e ambiente con le conseguenti modificazioni psicologiche, l'eventuale disadattamento e psicopatologia, l'emarginazione a cui l'anziano può frequentemente essere soggetto. Non sono neppure tralasciate le teorie sull'invecchiamento per quanto riguarda gli aspetti biologici ed intellettuali, le modificazioni fisiologiche che sottostanno al passaggio tra maturità e vecchiaia, la fenomenologia del mutamento da un punto di vista psicologico e sociale. Infine il capitolo finale

related to aging, including historical, philosophical, sociological, psychological and biological aspects. His clear and stimulating presentation gives the reader a picture of the problems of the process of aging.

Of special interest is the first chapter that situates the historical evolution of maturity and old age within the development of Western civilization in relation to cultural, philosophical-ideological expression and social changes over the centuries. Obviously, he includes a presentation of the theories concerning the development of the life cycle both in relation to the different phenomenology of individual phases in the development of a human being and in relation to the sexual differences that have different forms of interaction according to the environment, especially the family. Other important aspects of human life — work, free time and age of retirement — are examined as expressions of different historical periods in relation to the concept of the world at the given period, particularly with regard to work, the basic form of interchange in human relationships that occurs in society. The important result of such analyses is the sociological approach as a tool for interpreting the present situation in the 'advanced industrial' world. To complete the presentation there is an exposition of the psychological aspects of the evolution of personality in the passage from maturity to old age, according to studies by Anglo-Saxon authors. They are particularly sensitive to the interaction between an old person and his environment with the consequent psychological modifications and possible maladjustment, psychopathology, and alienation to which an old person is often subject. The author also includes theories on aging in relation to biological and intellectual aspects, to physiological modifications that underlie the passage from maturity to old age, and the phenomenology of change from the psychological and social standpoint. The last chapter is devoted to individual and social attitudes to death.
This work is of particular interest because of

è dedicato alle attitudini individuali e sociali rispetto alla morte.
L'opera si presenta di particolare interesse per la chiarezza espositiva e didattica particolarmente in un momento in cui anche nel nostro paese viene aperta una discussione, che sarà sempre più approfondita, negli ambienti della medicina, delle scienze umane, presso coloro che sono preposti ad amministrare negli enti locali, anche all'interno di quello che sarà il servizio sanitario nazionale.

its clarity and educational value, especially at a time when in our country, too, a deepening discussion has developed in the medical work, in the human sciences and among those in charge of local administration as well as within the national health service.

RENZO CANESTRARI

VON FIEANDT, K. and MOUSTGAARD, I. K.

The Perceptual World

Academic Press, London, 1977
VIII + 680 pp., figs. and tables, £ 32.00

La percezione rappresenta una delle più vecchie aree di ricerca nella psicologia generale. Fin da prima di Aristotele essa è infatti una parte sostanziale di questa disciplina, mentre si può dire che un secolo fa 'sensazione' e 'percezione' costituivano *la* psicologia sperimentale. In seguito vi è stata la comparsa di altri interessi, come per l'apprendimento, le motivazioni e così via, ma la percezione occupa sempre un ruolo di primo piano; va anzi aggiunto che stiamo assistendo ad un massiccio rifiorire di ricerche e di pubblicazioni in questo campo. Recentemente, per esempio, degli articoli di psicologia pubblicati su *Le scienze*, che è un indice sensibile alla ricerca corrente, circa la metà è dedicata a problemi percettivi. Questo è spiegato dal fatto che ogni problema percettivo corrisponde ad altrettanti problemi della vita quotidiana.
In questo contesto si inserisce il volume di von Fieandt e Moustgaard, che è il rifacimento di un'opera comparsa qualche anno fa ma con la collaborazione originale di altri studiosi. Il primo dei due autori è noto da decenni, nella ricerca percettiva, per i suoi contributi fondamentali in vari settori; ma

Perception is one of the oldest areas of research in general psychology. Even before Aristotle's time perception formed a substantial part of this discipline and a century ago one could say that 'sensation' and 'perception' *were* experimental psychology. More recently other interests have developed such as learning and motivation, but perception still occupies a major position in the study of psychology. Furthermore, we are now undergoing a massive revival of research and publication in this area. For example, recently, of the articles on psychology published in *Le scienze*, which is a sensitive index of current research, about half were devoted to perceptual problems. This can be explained by the fact that every perceptual problem corresponds to equivalent problems in daily life.
The volume by von Fieandt and Moustgaard fits into this context. It is a revision of a work that appeared a few years ago, originally written with the collaboration of other scholars. In perception research, von Fieandt has been known for years for his fundamental contributions in various fields; he is also known for the lucidity with which he ex-

è noto pure per la lucidità con cui espone teorie ed esperimenti. Questa lucidità la troviamo anche nel presente volume sul mondo percettivo, che si discosta inoltre dal solito schema con cui sono trattati i problemi della percezione umana.
Dopo una prima parte dedicata alla struttura ed alle funzioni delle modalità sensoriali, troviamo infatti riassunti i vari esperimenti che sono visti in una duplice chiave. Da un lato è sempre tenuto in primo piano l'approccio fisiologico allo studio della percezione, dall'altro è sempre evidente l'interesse per quanto può essere chiamata 'la tradizione scandinava' (va infatti ricordato che Rubin, Katz, Kaila, Johansson, oltre a von Fieandt, sono tra i maggiori percettologi). Ne risulta un libro originale, come s'è detto, e moderno, forse difficile per il principiante. Le parti migliori riguardano i fenomeni della costanza e dell'invarianza percettiva, la percezione del movimento e del tempo, i problemi percettivi legati all'arte pittorica.
Per concludere, si può fare un appunto: le ricerche italiane nel campo della percezione, che pure hanno portato dei contributi importanti, sono ignorate quasi totalmente.

plains theories and experiments. This clarity can be found in the volume on the perceptual world, which deviates from the usual pattern in which problems of human perception are handled.
After a first section devoted to the structure and function of the sense organs, there is a summary of experiments that are viewed in two ways. On one hand, the physiological approach to the study of perception is in the forefront; on the other hand, the interest in 'the Scandinavian tradition' is always evident. (One should recall that Rubin, Katz, Kaila, Johansson, as well as von Fieandt, are the major experts on perception.) The result is an original and modern book that might be difficult for beginners. The best parts deal with phenomena of consistency and invariance in perception, with the perception of movement and time and with perceptual problems linked with pictorial art.
One note in conclusion: Italian research in the field of perception which has brought important contributions, is almost totally ignored.

RENZO CANESTRARI

EIBL-EIBESFELDT, I.

I fondamenti dell'etologia

Series: Collana di etologia, Vol. 1
Adelphi, Milano, 1976
xv + 667 pp., figs. and tables, L. 30.000

Trattasi della traduzione italiana di un trattato di etologia, che per la vastità e la documentazione degli argomenti trattati ha avuto ampio successo, come è dimostrato dalle tre edizioni tedesche successive alla sua prima stesura che è del 1966 e delle traduzioni in inglese ed in francese. La traduzione italiana è eseguita sulla terza edizione tedesca (1974). In una evoluzione particolarmente rapida come quella dell'etologia gli anni trascorsi, anche se pochi,

This is the Italian translation of a treatise on ethology which as a result of the large amount of material covered and the considerable array of data has gained wide popularity, as witnessed by the three German editions following on the first printing, which came out in 1966, and by the translations into English and French. The Italian translation is based on the third German edition (1974). In a field that is undergoing such rapid development as ethology, a

si fanno sentire; ne deriva che, essendo la bibliografia ferma al 1972, in taluni argomenti, ad esempio quello dei meccanismi della memoria, non sono incorporate talune più recenti vedute sulla materia.
Eibl-Eibesfeldt è un seguace della scuola di Lorenz ed un accurato ricercatore in vari campi dell'etologia, sia del comportamento animale che di quello umano. L'opera s'inserisce quindi anche per l'epoca in cui venne concepita, nell'acceso dibattito fra gli etologi sostenitori dei meccanismi innati nell'apprendimento e dei behavioristi, con una impronta lorenziana ben precisa. Questa impronta determina il succedersi degli argomenti e l'importanza relativa che viene ad essi data. La materia trattata abbraccia comunque un campo molto vasto della etologia.
L'introduzione storico critica è troppo breve per consentire, come sarebbe stato forse opportuno, un più approfondito inquadramento dei problemi dell'etologia in rapporto soprattutto alle conoscenze che ci provengono dalla psicologia animale ed umana e nel contesto filosofico generale.
Si succedono quindi i capitoli sull'etogramma, sulla coordinazione ereditaria (le capacità innate), sui fattori motivanti, sul comportamento quale risposta agli stimoli, sui segnali scatenanti (in cui è compreso anche quanto si riferisce alle comunicazioni animali), sul mimetismo, sulle catene di reazioni, sull'organizzazione gerarchica del comportamento e sul comportamento conflittuale. Vengono quindi esaminati in tre distinti capitoli Genetica, Evoluzione ed Ontogenesi dei moduli comportamentali (con i relativi meccanismi dell'imprinting). Ad un breve capitolo sui meccanismi dell'apprendimento ne segue uno molto ampio relativo all'ecologia e comportamento, in cui vengono analizzati i rapporti con l'ambiente esterno, quelli intraspecifici e quelli interspecifici. L'orientamento nello spazio, i fattori temporali nel comportamento e un vasto capitolo di un centinaio di pagine sull'etologia umana concludono il libro. L'opera si articola su di una esemplificazione ricchissima e di estremo interesse,

distance of even a few years makes itself felt; for this reason, since the bibliography only goes as far as 1972, the treatment of some topics such as the mechanisms of memory fails to make mention of certain more recent views.

Eibl-Eibesfeldt belongs to the school of Lorenz and is a careful researcher in a variety of branches of ethology, both in animal and human behaviour. And given the time at which it was composed, the work forms part of the lively debate between ethologists who believe in innate learning mechanisms and behaviourists, with a clear Lorenzian approach. This approach determines the ordering of the topics, and the relative weight imparted to them. All in all, the material covered represents a vast area of ethology.
The historical-critical introduction is too short to provide, as might perhaps have been desirable, a more detailed discussion of the problems of ethology with special reference to the evidence from animal and human psychology and to the general philosophical context.

There follow the chapters on the ethogram, on hereditary coordination (innate abilities), on motivation, on behaviour as response to stimuli, on trigger signals (which includes animal communication), on mimesis, on chain reactions, on the hierarchical organization of behaviour and on conflictual behaviour. Then three separate chapters are devoted to an examination of the Genetics, Evolution and Ontogenesis of behavioural modes (with their respective mechanisms of imprinting). A brief chapter on learning mechanisms is followed by a long one concerning ecology and behaviour, which studies relations with the outside world, both intraspecies and interspecies. Spatial orientation, temporal factors in behaviour and a long chapter of roughly a hundred pages on human ethology close the blook.

The presentation is supported by a very rich and extremely interesting corpus of data, argued along Lorenzian lines. If at

discussa sulla base delle teorie lorenziane. Se in taluni punti può risultare manchevole l'inquadramento teorico e la sistematicità degli argomenti, ciò è dovuto anche al fatto che l'etologia, scienza molto giovane, non è ancora pervenuta a darsi quel carattere organico-critico che altre scienze biologiche più anziane possono vantare. Per quanto riguarda l'etologia umana, gli interessanti dati riportati andrebbero integrati per un quadro più completo del comportamento umano, con quelli provenienti da discipline antropologiche, quali la psicologia.
L'opera, che ha una veste editoriale eccellente ed è riccamente illustrata può, anche per il suo carattere esemplificativo, indirizzarsi ad una vasta cerchia di lettori, non soltanto cultori di biologia, interessati ai problemi culturali di maggiore attualità nella nostra epoca.

times the theoretical framework and the arguments seems inadequate, this is due to the fact that ethology, a very young science, has not yet worked out for itself the organic-critical character that is the boast of the older biological sciences. As far as human ethology is concerned, in order to arrive at a more complete picture the interesting data displayed should be seen together with the evidence coming from anthropological disciplines such as psychology.
The book, which is beautifully bound and printed and is richly illustrated, will by virtue in particular of its exemplificatory nature be of interest to a wide circle of readers — not merely scholars of biology — who are interested in the cultural problems of greatest contemporary relevance.

MICHELE SARÀ

LINSTONE, H. A. and
CLIVE SIMMONDS, W. H. (eds.)

Future Research: New Directions

Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1977
XIV + 270 pp., tables, $ 22.50

Questa raccolta di 22 lavori — con prologo ed epilogo di H. Linstone (noto per aver introdotto inizialmente il sistema Delphi) e di W. H. Clive Simmonds — è suddivisa in quattro parti: i mutevoli fondamenti della futurologia, come governare la complessità, discussioni di metodologia e descrizioni di recenti progetti.
Nella prima parte i contributi più rilevanti sono quello di John McHale — che discute lucidamente e brevemente i problemi dello stato dell'arte nel campo degli studi sul futuro — e quello di Sir Geoffrey Vickers — che presenta in modo convincente gli argomenti a favore di soluzioni culturali per i problemi socio-economici, tecnologici ed eco-

This collection of 22 articles, with a prologue and an epilogue by H. Linstone (known for having introduced the Delphi system) and W. H. Clive Simmonds, is divided into four parts as follows: the changing foundations of futurology, how to have control over complexity, discussions on methodology and descriptions of recent projects.
In the first part, the most important contributions are by John McHale and by Sir Geoffrey Vickers. The former briefly and clearly discusses the problems of the state of the art of future studies. Sir Geoffrey convincingly presents arguments in favor of cultural solutions for socio-economic, technological and economic problems. Vickers' dem-

nomici. La dimostrazione data da Vickers della necessità di una rivoluzione culturale merita di essere discussa e approfondita e, prima ancora, ampiamente diffusa e pubblicizzata.

Nella parte metodologica il contributo più interessante è quello di M. McLean dell'Università del Sussex, che discute i controversi problemi di finalità, adeguatezza, pluralità e complessità dei modelli matematici di grandi sistemi socio-economici. È sensato il suggerimento di McLean che ogni modello globale venga realizzato simultaneamente secondo strutture diverse applicate allo stesso insieme di dati — piuttosto che tendere verso una complessità crescente e tale da rendere il modello incomprensibile e non valutabile a chi non lo ha fatto. McLean si rende ben conto della difficoltà di mettere in pratica il suo suggerimento e discute plausibilmente anche le obiezioni, basate sul riconoscimento delle schiavitù imposte dal tempo — come direbbe John Warfield, autore che McLean è l'unico a citare. Questa ultima circostanza è sorprendente, poiché Warfield (autore di *Societal Systems*, Wiley-Interscience, 1976) si è occupato in modo fondamentale dei modi in cui governare la complessità. McLean non cita, però, neanche gli autori — come Erlandson e Ward Edwards — che pubblicano sulle «Transactions on Systems Science and Cybernetics» dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Simili lacune di citazioni — e di conoscenze — si notano negli autori degli altri contributi a questo libro, che non cito e che preferiscono citare: W. Ross Ashby, Castaneda, Jung, Bertalanffy, Bateson, A. A. Milne, il Baghavad Gita e le filosofie Zen. La lista di queste citazioni fa sospettare — e i testi lo confermano — che il buon senso e la razionalità non sono più frequenti, mentre il gusto per le similitudini irrilevanti e le interdisciplinarità banali non sono più rare fra chi si occupa di problemi avveniristici, che nel resto della popolazione.

Sono ottimi e molto istruttivi quattro dei lavori appartenenti alla parte finale.

P. M. S. Jones descrive le attività della

onstration of the need for a cultural revolution is worth further and deeper discussion and, above all, this view should be widely spread and publicized.

In the methodological section, the most interesting contribution is by M. McLean of the University of Sussex. He discusses the controversial problems of the aims, adequacy, plurality and complexity of mathematical models of large socio-economic systems. He makes the sensible suggestion that each global model should be realized simultaneously according to different structures applied to the same collection of data, rather than tending towards an increasing complexity that would make the model incomprehensible so that it could not be evaluated by anyone but its makers. McLean is well aware of the difficulty of putting this suggestion into practice, and he gives a plausible discussion of the objections, based on his recognition of the tyranny imposed by time, as John Warfield would say. (Warfield is quoted only by McLean; this is surprising since Warfield, author of *Societal Systems*, Wiley-Interscience, 1976) has dealt in depth with ways of having control over complexity). However, McLean does not quote other authors either, such as Erlandson and Ward Edwards, who publish in the « Transactions on Systems Science and Cybernetics » of the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

A similar lack of quotations — and of knowledge — is found among the authors of other articles in this book, whom I will not cite. They prefer to quote from W. Ross Ashby, Castaneda, Jung, Bertalanffy, Bateson, A. A. Milne, the Baghavad Gita and Zen philosophy. This list of citations makes one suspect — and this is confirmed in the texts — that on one hand, good sense and rationality are no more frequent and on the other hand, the taste for irrelevant similes and interdisciplinary banalities are not less rare among futurologists than among the rest of the population.

Four articles in the final part of the volume are excellent.

P. M. S. Jones describes the activities of the

Programmers Analysis Unit britannica, che ha analizzato problemi come: vettori per satelliti, desalinazione, mercato dei calcolatori e dei televisori, energia e loro prospettive future.
G. Bäckstrand descrive la costituzione e il funzionamento del Secretariat for the Future svedese — esempio, forse unico, di un'organizzazione indipendente, ma finanziata da un governo, che affronta in modo democratico e professionale ogni sorta di problemi socioeconomici nei loro riflessi futuri.
M. J. Cetron e A. Clayton analizzano fattualmente i settori e le ragioni per cui un paese può essere considerato precursore rispetto ad altri — con particolare riferimento alle priorità temporali della Svezia e degli Stati Uniti.
Infine Teiger, Harman e Schwartz riferiscono su di un importante progetto finanziato dalla National Science Foundation statunitense tendente a individuare i problemi che in un avvenire più o meno prossimo potranno condurre a crisi gravi. 41 problemi sono citati e i criteri usati nel selezionarli possono essere dedotti dalla lista di una mezza dozzina di essi: instabilità sociale dovuta a deficienze mentali causate da denutrizione; conflitti fra basso sviluppo e aspettative crescenti; incapacità operative degli adulti; esperimenti catastrofici; effetti sociali delle ridefinizioni della responsabilità legale; disoccupazione.

British Programmers Analysis Unit, which has analyzed such problems as vectors for satellites, desalination, the calculator and television set market, energy and their futures.
G. Bäckstrand describes the organization and function of the Swedish Secretariat for the Future. It is a unique example of an independent organization, financed by a government, that handles all sorts of socio-economic problems and their future outlook in a democratic and professional way.
M. J. Cetron and A. Clayton give a factual analysis of the sectors where and the reasons why a country can be considered ahead of others, with particular reference to the time priorities of Sweden and the United States.
Finally, Teiger, Harman and Schwartz discuss an important project financed by the United States National Science Foundation for identifying problems that in the near future could lead to grave crises. Forty-one problems are listed and the criteria used in selecting them can be deduced from a short list of them: social instability brought about by mental deficiency caused by malnutrition; conflicts between slow development and high expectations; operational inabilities among adults; catastrophic experiments; the social effects of the redefinition of legal responsibilities, and unemployment.

ROBERTO VACCA

LORENZ, K.

L'Aggressività

Series: Biblioteca di Scienze dell'uomo, Vol. 25
Il Saggiatore Editore, Milano, 1976
362 pp., L. 5.000

La pubblicazione di questo libro lascia piuttosto sconcertati. Sulla copertina si legge: « *L'aggressività* — Edizione ampliata de *Il cosiddetto male* ». Ma non viene specificato da chi questa edizione sia stata ampliata. Lo strano, poi, è che sia questa edizione 'ampliata' che la precedente pubblicata da Il Saggiatore nel 1969 fanno riferimento allo stesso titolo originale: « *Das sogenannte Böse: Zur Naturgeschichte der Aggression* — Copyright by Dr. G. Borotha Schoeler Verlag, Wien 1963 ». Il che fa supporre che non sia stato Lorenz ad ampliarla, dato che questa è l'opera originale da lui pubblicata quattordici anni fa, ma non spiega certo come due edizioni italiane diverse derivino dalla stessa edizione tedesca. Va inoltre criticato il fatto che, a sette anni di distanza dalla prima edizione italiana, non si sia provveduto ad una nuova introduzione che prendesse in considerazione gli ulteriori sviluppi della polemica sul libro di Lorenz sia da parte degli stessi etologi sia da parte di studiosi di altre discipline (per esempio, sarebbe stato doveroso un accenno alle critiche del concetto lorenziano di aggressività formulate da Fromm nel suo *Anatomia della distruttività umana*, tradotto in italiano un paio di anni fa).

I punti fondamentali che riguardano i contenuti di quest'opera di Lorenz, senz'altro la sua opera più famosa, sono i seguenti: il concetto di istinto, il concetto di aggressività, le loro implicazioni ideologiche.

Quella di Lorenz è una concezione 'energetica' dell'istinto. I meccanismi istintivi, cioè, non sono del tipo dei riflessi, non sono semplicemente schemi di azioni motorie geneticamente determinati che vengono innescati da determinate configurazioni di stimoli e restano inattivi in assenza di queste configurazioni. L'aspetto fondamentale di tali

The publication of this book is rather disconcerting. The cover carries the notice: « *Aggressivity* - extended edition of *The So-called Evil* ». But there is no specification of who is responsible for the extension of the edition. And the strange thing is that both this extended edition and the preceding one published by Il Saggiatore in 1969 refer to the same original title: « *Das sogenannte Böse: Zur Naturgeschichte der Aggression* — Copyright by Dr. G. Borotha Schoeler Verlag, Wien 1963 ». This leads one to believe that it is not Lorenz himself who extended it, since this is the original work published by him fourteen years ago, though there is still no explanation of how two different Italian editions derive from the same German edition. Moreover, criticism must also be raised against the fact that at a distance of seven years from the first Italian edition, no new introduction has been provided to take into consideration the further developments of the polemics concerning Lorenz's book, both on the part of ethologists themselves and on the part of scholars from other disciplines (for instance, mention should have been made of the objections to Lorenz's concept of aggressivity raised by Fromm in his *Anatomy of Human Destructiveness*, translated into Italian a few years ago).

The main points concerning the contents of this work by Lorenz, undoubtedly his most famous work, are the following: the concept of instinct, the concept of aggressivity, their ideological implications.

Lorenz has an 'energetic' concept of instinct. The instinctive mechanisms, that is, are not of the same kind as reflexes, are not merely genetically determined motor action schemata which are triggered by particular configurations of stimuli and remain inactive

meccanismi è per Lorenz la produzione 'spontanea' di energia specifica per ciascuno di essi. La loro inattività, pertanto, porta inevitabilmente ad un accumulo di energia che chiede sempre più imperiosamente di essere scaricata nell'attività istintiva.
Quanto all'aggressività, Lorenz la considera uno dei 'grandi' istinti (come la nutrizione, la riproduzione, la fuga). Questo significa non solo che i comportamenti aggressivi sono inevitabili, ma anche che è pericoloso rimuovere le cause che li innescano, perché ciò porta ad un accumulo, ad un ingorgo di energia aggressiva. In quanto istinto l'aggressività è al servizio della conservazione della specie con tre funzioni principali: la distribuzione regolare di animali della stessa specie nello spazio vitale disponibile, la selezione degli individui più forti attraverso i combattimenti intraspecifici e la difesa della prole. Nel corso dell'evoluzione, tuttavia, alla lenta formazione delle strutture morfologiche offensive degli animali è corrisposto lo sviluppo di meccanismi inibitori dell'aggressività atti ad impedire che quest'ultima risulti dannosa all'interno della specie. Nell'uomo, al contrario, gli strumenti offensivi sono stati creati dalla tecnologia nei tempi brevissimi (dal punto di vista dell'evoluzione biologica) della sua storia e ciò ha impedito lo sviluppo di corrispondenti meccanismi inibitori.
L'interpretazione istintiva dell'aggressività e la concezione energetica degli istinti, tuttavia, spiegano solo una parte delle implicazioni del pensiero di Lorenz sul piano dell'ideologia. L'interpretazione istintiva dell'aggressività spiega lo scarso interesse di Lorenz per l'analisi dei fattori storici che creano situazioni e rapporti su cui si sviluppano i comportamenti aggressivi. Se l'aggressività è un istinto, difatti, la storia non può dirci nulla sulla sua natura. La concezione energetica degli istinti, d'altronde, porta Lorenz a condannare esplicitamente i tentativi di rimuovere le cause che innescano l'aggressività. Se gli istinti hanno una carica che si produce *spontaneamente*, indipendentemente dalle condizioni esterne, la rimozione di queste cause porta ad un

in the absence of these configurations. The fundamental aspect of these mechanisms is, in Lorenz's view, the 'spontaneous' production of specific energy for each of them. Their inactivity thus inevitably leads to an accumulation of energy which demands more and more imperiously to be discharged in instinctive activity.
As far as aggressivity is concerned, Lorenz considers it one of the 'great' instincts (like feeding, reproduction, flight). This means not only that aggressive behaviour is inevitable, but also that it is dangerous to remove the causes that trigger it, because this leads to an accumulation, to an engorgement of aggressive energy. As an instinct, aggressivity is at the service of the preservation of the species with three principal functions: homogeneous distribution of animals of the same species in the available living space, selection of the strongest individuals through species-internal struggles, and defense of the offspring. In the course of evolution, however, the slow formation of animals' offensive morphological structures is paralleled by the development of aggressivity-inhibiting mechanisms whose task is to prevent aggressivity from becoming harmful within the species. In man, on the contrary, the offensive instruments have been created by technology within the extremely short (from the point of view of biological evolution) time span of his history, and this has prevented the development of the corresponding inhibitory mechanisms.
The instinctive interpretation of aggressivity and the energetic concept of instinct, however, can explain only a part of the ideological implications of Lorenz's thought. The instinctive interpretation of aggressivity explains Lorenz's lack of interest in the historical factors which create situations and relations in which aggressive behaviour develops. For if aggressivity is an instinct, history cannot tell us anything about its nature. Besides, the energetic conception of instincts leads Lorenz to explicitly condemn the attempts to remove the causes which trigger aggressivity. If instincts have a charge which is produced *spontaneously*,

accumulo di carica aggressiva con inevitabili pericolose esplosioni. Ma il quadro generale delle implicazioni ideologiche del pensiero di Lorenz sarebbe incompleto senza la considerazione di almeno altre due sue tesi fondamentali. Una, comune a molti etologi, è quella secondo cui gli aspetti principali del comportamento sociale umano sono di natura istintiva. Fenomeni sociali come il senso della proprietà, il desiderio di salire nella scala sociale, il ritmo lavorativo, hanno una determinazione istintuale e non sono, quindi, modificabili. L'altra tesi (conseguente alla precedente) è quella secondo cui le categorie sociali emergono a caso in una cultura, e non come risultato (almeno in parte) di un razionale e consapevole adattamento delle società umane all'ambiente. In altre parole Lorenz, per poter presentare un quadro dell'evoluzione culturale sostanzialmente uguale a quello dell'evoluzione biologica, postula che l'evoluzione culturale sia il risultato di un apprendimento per prove ed errori, regolato dalla selezione naturale.

I rimedi che Lorenz propone per risolvere i problemi dell'uomo si basano fondamentalmente sull'assunto secondo cui l'aggressività, se non può essere eliminata, può però essere 'ridiretta' su oggetti sostitutivi, cioè incanalata in direzioni non pericolose. Per cui, ad esempio, egli attribuisce una grande importanza alle competizioni sportive e a quelle riguardanti i voli spaziali. « ... sono del parere che il tremendo interesse per i voli spaziali, altrimenti non granché spiegabile, nasca dalla realizzazione subconscia che essi aiutano a mantenere la pace. Possano essi continuare a farlo! ».

Nei quattordici anni trascorsi dalla prima pubblicazione di questo libro molte, e a volte violente, sono state le critiche fatte alle tesi in esso sostenute. La concezione energetica dell'istinto (d'altronde presentata in altre opere di Lorenz e inoltre non esclusiva di Lorenz, ma presente nelle sue varie versioni in molti studiosi) è stata fortemente contestata da neurofisiologici, da psicologici, e anche da parecchi etologi. Il concetto lorenziano di aggressività è stato attaccato

independently of external conditions, the removal of these causes leads to an accumulation of aggressive charge with inevitable dangerous explosions. But the overall picture of the ideological implications of Lorenz's thought would be incomplete without a remark about at least two more of his fundamental theses. One, common to many ethologists, holds that the main aspects of human social behaviour are of an instinctive nature. Social phenomena such as the sense of ownership, the desire to rise on the social ladder, work rhythms, are determined on the instinctive level and thus are not modifiable. The other thesis, which follows on from the former one, holds that social categories in any given culture arise by chance, and not as a result (at least in part) of a rational and conscious adaptation of human societies to the environment. In other words, in order to be able to present a picture of cultural evolution substantially similar to that of biological evolution, Lorenz postulates that cultural evolution is the result of a process of learning by trial and error that is governed by natural selection.

The remedies that Lorenz proposes to resolve the problems of mankind are based essentially on the assumption that if aggressivity cannot be eliminated, it can however be 'redirected' towards substitute objects, that is, channelled in harmless directions. He thus attaches great importance, for instance, to sporting competitions and flights into space » ... It is my opinion that the tremendous interest in space flights, otherwise hard to explain, arises from the subconscious realization that they help to keep the peace. May they continue to do so! ». In the fourteen years that have elapsed since the first appearance of this book many, and at times quite violent, criticisms have been levelled at the claims put forward in it. The energetic conception of instinct (which, to be fair, is expounded in other works by Lorenz and in any case is not exclusively his own idea but is present in various guises in many scholars) has been hotly contested by neurophysiologists, psy-

da ogni parte, all'interno e all'esterno dell'etologia, soprattutto con la denunzia delle semplicistiche e antiscientifiche estrapolazioni dal comportamento animale al comportamento umano che pullulano nel pensiero di Lorenz. Quanto agli aspetti ideologici di questo pensiero non è stato difficile fin dall'inizio vedere nelle affermazioni innatistiche di Lorenz il tentativo di biologizzare la realtà sociale in modo da far apparire come 'naturali' categorie comportamentali che hanno una chiara determinazione storica. Un tentativo troppo ingenuo, comunque, troppo scoperto, troppo brutale, tanto da suscitare l'immediata violenta reazione della parte più illuminata della stessa scienza borghese.

chologists and also numerous ethologists. The Lorenzian concept of aggressivity has been attacked from all sides, both within and outside of ethology, and particularly Lorenz has been charged with extrapolating over and over again in a simplistic and antiscientific manner from animal behaviour to human behaviour. As for the ideological aspects of his ideas, ever since the outset it has not been difficult to see his innatistic affirmations as an attempt to biologize social reality so as to make certain behavioural categories appear to be « natural » when in fact they are clearly historically determined. But this is far too naive an attempt, too blatant, too brutal, so much so as to provoke the immediate violent reaction of the more enlightened part of bourgeois science itself.

FRANCESCO ROBUSTELLI

Rivista SCIENTIA Editrice Sede Legale, 20122 Milano - Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del Tribunale di Milano col N. 338 - Printed in Italy Arti Grafiche SO.PO.AL.

Nora Bonetti - Direttore Responsabile